



TUGAS AKHIR - MO141326

PERANCANGAN SISTEM *MOORING* DAN ANALISIS OLAH
GERAK STRUKTUR *AQUACULTURE* MODEL
SEASTATION UNTUK LAUT LEPAS INDONESIA

Hafidz Bagus Prasetyo Adi

NRP. 4313 100 088

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.

Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknolgi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - MO141326

MOORING DESIGN AND MOTION RESPONSE ANALYSIS ON SEASTATION AQUACULTURE CAGE FOR INDONESIAN OPENSEA

Hafidz Bagus Prasetyo Adi

NRP. 4313 100 088

Supervisors

Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.

Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

**PERANCANGAN SISTEM *MOORING* DAN ANALISIS OLAH GERAK
STRUKTUR *AQUACULTURE* MODEL *SEASTATION* UNTUK LAUT
LEPAS INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi
Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HAFIDZ BAGUS PRASETYO ADI

NRP. 4313 100 088

Disetujui oleh:

1. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc. (Pembimbing 1)

2. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 2)

3. Ir. Imam Rochani, M.Sc. (Penguji 1)

4. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 2)

5. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D. (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**Perancangan Sistem *Mooring* dan Analisa Olah Gerak untuk
Struktur *Aquaculture* Model *SeaStation* untuk Laut Lepas Indonesia**

Nama Mahasiswa : Hafidz Bagus Prasetyo Adi
NRP : 4313100088
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc
Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T

ABSTRAK

Perikanan modern beralih pada sistem peternakan ikan terbuka di lepas pantai. Salah satu bentuk struktur yang paling umum digunakan di dunia adalah model *SeaStation* yang dikembangkan di Amerika. Sebagai suatu bangunan terapung maka perlu adanya sistem tambat untuk mempertahankan posisinya. Tugas Akhir ini akan membahas tentang sistem tambat yang efisien untuk struktur *aquaculture* model *SeaStation* untuk laut lepas di Indonesia. Lokasi yang dipilih adalah Laut Timor. Sistem konfigurasi *mooring* akan dibandingkan antara tipe *linear array*, *rectangular array* dan *4 points mooring*. Perancangan tali sistem *mooring* menggunakan tali tambat Bridon *Diamond Blue* dengan diameter 52mm dengan *minumim breaking force* 2,2 MN. Berdasarkan analisa yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini didapatkan bahwa sistem konfigurasi *mooring linear array* unggul dibandingkan dengan konfigurasi *mooring* lain dengan nilai faktor *u* dari kalkulasi DNVGL OS-E301 sebesar 0.2. Dimana semakin rendah nilai faktor *u* maka semakin baik faktor keselamatannya. *Offset* terkecil terjadi pada struktur pada konfigurasi sistem tambat *rectangular array* dengan pergeseran terbesar pada sumbu x 6.9 m. *Tension* yang dialami oleh tali pada konfigurasi *4 points mooring* memiliki nilai maksimum terbesar senilai 1078 kN. Konfigurasi paling murah adalah *4 points mooring* karena menggunakan tali tambat terpendek sepanjang 236 m.

Keyword: *Aquaculture, Mooring Line, Net Cage, Offset, Tension*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

***Mooring Design and Motion Response Analysis on SeaStation Aquaculture
Cage for Indonesian Open Ocean***

Name : Hafidz Bagus Prasetyo Adi
NRP : 4313100088
Department : Ocean Engineering
Supervisors : Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc
Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T

ABSTRACT

Modern fishfarmings are moving further offshore to the open ocean. One of the most commonly used aquaculture structure is SeaStation, developed in America. As a floating structure, SeaStation needs a mooring system to maintain its position. This final project will discuss about the most effective mooring configuration for a SeaStation aquaculture cage for Indonesian opensea. This analysis will be based on environmental data from DNVGL OS-E301 for Timor Sea. Rectangular array, linear array and 4 points mooring are the three configuration compared in this report. Mooring line of the three configuration discussed are using Bridon Diamond Blue with 52mm in diameter with the mininum breaking force of 2,2 MN. Based on analysis done in order to make this report, linear array mooring is the best in term of u safety factor from DNVGL OS-E301. The u safety factor for linear array configuration is 0.2, where smaller is better. Smallest structural position offset occurred in rectangular array configuration with 6.9 m x axis shift. The 4 points mooring configuration have the biggest tension which result in 1078 kN of tension in the mooring cable. The cheapest mooring configuration is the 4 points mooring using only 236 m of mooring cable length in total.

Keyword: *Aquaculture, Mooring Line, Net Cage, Offset, Tension*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala, karena atas rahmat dan karunia-Nya, Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini membahas mengenai analisa perancangan sistem tambak bagi struktur *aquaculture* model *SeaStation* untuk dapat diaplikasikan di laut lepas Indonesia. Pembuatan Laporan Tugas Akhir ini dibuat dengan sungguh-sungguh sebagai persyaratan kelulusan dari masa studi penulis di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada dasarnya kesempurnaan hanya milih Allah Subhanahu Wata'ala, sehingga penulis memahami akan adanya kekurangan dan ketidak sempurnaan dalam Tugas Akhir ini. Berkaitan dengan hal tersebut maka penulis menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan. Penulis sangat menerima atas kritik dan saran. Semoga tulisan berupa Laporan Tugas Akhir ini ini dapat berguna bagi penulis maupun pihak lain.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dalam kesempatan ini menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini, diantaranya

1. Allah Subhanahu Wata'ala telah memberikan kesehatan dan kemampuan secara fisik maupun mental bagi penulis untuk dapat menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moral, financial, dan doa kepada penulis. Terutama ibunda tercinta Ira Purpitawati, ayahanda tersayang Tri Bowo Budi Santoso, kedua adik kecil Ratriana, dan Trista.
3. Bapak Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc, dan Bapak Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T atas bimbingan dan ilmunya dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D., sebagai dosen wali penulis yang telah memberikan bimbingan dan dukungan moral bagi penulis selama perkuliahan di Departemen Teknik Kelautan ITS.
5. Teman-teman angkatan 2013 VALTAMERI yang senantiasa memberi dukungan moral selama masa studi penulis di Departemen Teknik Kelautan ITS.
6. Sahabat tangguh seperjuangan TRB II dan TRB III tersayang Fauzanullah Rafif Irsyad dan Zain Zachary.
7. Sahabat seperjuangan Tugas Akhir Aquaculture Vilda, Angga ,dan Khakim yang selalu saling mendukung dalam terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Mbak Yani, Mas Rino yang telah membimbing, memberikan saran dan mengajarkan kami dalam menggunakan ANSYS AQWA sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1. <i>Aquaculture</i>	6
2.2.2. Pembebanaan	12
2.2.3. Spektrum Gelombang	13
2.2.4. Gerak Bangunan Apung.....	14
2.2.5. <i>Response Amplitude</i>	15
2.2.6. Respon Gerak Bangunan Laut di Gelombang Acak	16
2.2.7. <i>Mooring Offset</i>	16
2.2.8. <i>Tension Mooring</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Diagram Alir	21
3.2. Prosedur Penelitian.....	23
3.3. Pengumpulan Data	24
3.3.1. Data Lingkungan.....	24
3.3.2. Data Struktur	25
3.3.3. Data <i>Mooring Line</i>	26
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Analisa Data dan Perhitungan Beban.....	27
4.1.1. Beban Struktur	27

4.1.2.	Beban Hidup	27
4.1.3.	Kombinasi Arah Pembebanan Gelombang.....	27
4.1.4.	Analisa Data Lingkungan	28
4.2.	Pemodelan Numeris Struktur	29
4.2.1.	Pemodelan Bentuk Struktur dengan SolidWorks	29
4.3.	Pemodelan Konfigurasi <i>Mooring</i>	32
4.4.	RAO	36
4.4.1.	Konfigurasi <i>Rectangular Array</i>	36
4.4.2.	Konfigurasi <i>Linear Array</i>	39
4.4.3.	Konfigurasi 4 <i>Points Mooring</i>	42
4.5.	Spektra Gelombang Irregular JONSWAP ANSYS AQWA.....	45
4.6.	Spektra Respon Gerak Struktur Tertambat	46
4.6.1.	Konfigurasi <i>Rectangular Array</i>	46
•	Respon Arah 0°	46
•	Respon Arah 90°	48
4.6.2.	Konfigurasi <i>Linear Array</i>	49
•	Respon Arah 0°	49
•	Respon Arah 90°	51
4.6.3.	Konfigurasi 4 <i>Points Mooring</i>	52
•	Respon Arah 0°	52
•	Respon Arah 90°	54
4.7.	Analisa <i>Offset</i> dan <i>Tension</i> pada <i>Mooring Line</i> tiap Konfigurasi.....	55
4.7.1.	<i>Heading</i> 0°	55
4.7.2.	<i>Heading</i> 45°	56
4.7.3.	<i>Heading</i> 90°	57
4.8.	Analisa Perhitungan DNVGL OS-E301 kriteria ULS	58
4.8.1.	Hasil Faktor Keselamatan Konfigurasi <i>Rectangular Array</i>	58
4.8.2.	Hasil Faktor Keselamatan Konfigurasi <i>Linear Array</i>	58
4.8.3.	Hasil Faktor Keselamatan Konfigurasi 4 <i>Points Mooring</i>	59
4.9.	Panjang Total <i>Mooring Line</i>	59
4.10.	Penentuan Konfigurasi Paling Efisien	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1.	Kesimpulan	61
5.2.	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....		62

LAMPIRAN A.....	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D.....	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Mariculture berbentuk <i>SeaStation</i>	2
Gambar 2.1 Sistem <i>Mariculture</i> dengan Pipa HDPE	8
Gambar 2.2 <i>Tension Leg Cage</i> milik STINEF	8
Gambar 2.3 Sea Shelf milik SADCO	9
Gambar 2. 4 <i>SeaStation</i> milik Ocean Spar	10
Gambar 2. 5 Aquapod dikembangkan oleh Innovasea	10
Gambar 2.6 <i>Mooring</i> Konfigurasi Jajaran Persegi	11
Gambar 2.7 <i>Mooring</i> Konfigurasi Jajaran <i>Linear</i>	11
Gambar 2. 8 <i>Mooring</i> Konfigurasi 4 Titik Tambat	12
Gambar 2.9 Ilustrasi Hubungan antara <i>Offset</i> dengan <i>Tension</i> pada Analisa Perhitungan pada Perancangan	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	21
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)	22
Gambar 3. 3 Gambar Dimensi Struktur <i>SeaStation</i>	25
Gambar 4. 1 Ilustrasi Kombinasi Pembebanan Lingkungan	28
Gambar 4. 2 Draft Garis Model dalam SolidWorks	29
Gambar 4.3 Model <i>SeaStation</i> tipe <i>Solid</i> dalam SolidWorks	30
Gambar 4.4 Model <i>SeaStation</i> Tipe Surface dalam SolidWorks	30
Gambar 4.5 Model <i>SeaStation</i> dalam ANSYS DesignModeler	31
Gambar 4.6 Tampak Isometri <i>SeaStation</i> dengan Sling Net pada ANSYS <i>Hydrodynamic Diffraction</i>	31
Gambar 4.7 Tampak Samping <i>SeaStation</i> dengan Sling Net pada ANSYS <i>Hydrodynamic Diffraction</i>	32
Gambar 4.8 Konfigurasi <i>Mooring Rectangular Array</i> Tampak Atas	33
Gambar 4.9 Konfigurasi <i>Mooring Rectangular Array</i> Tampak Isometris	33
Gambar 4.10 Model dalam ANSYS Aqwa <i>Mooring Linear Array</i> Tampak Atas	34
Gambar 4. 11 Model dalam ANSYS Aqwa <i>Mooring Linear Array</i> Tampak Isometris	34
Gambar 4.12 Model dalam ANSYS Aqwa <i>4 Points Mooring</i> Tampak Atas	35
Gambar 4.13 Model dalam ANSYS Aqwa <i>4 Points Mooring</i> Tampak Isometris	35
Gambar 4.14 RAO Translasi untuk konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 0°	36
Gambar 4.15 Spektrum Response Rotasi untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 0°	37
Gambar 4.16 Spektrum Response Translasi untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 45°	37
Gambar 4.17 Spektrum Response Rotasi untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 45°	38
Gambar 4.18 Spektrum Response Translasi untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 90°	38
Gambar 4.19 RAO tertambat untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah arah 90° ..	39
Gambar 4.20 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> arah 0°	39
Gambar 4.21 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> arah 0°	40
Gambar 4.22 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> arah 45°	40
Gambar 4.23 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> arah 45°	41

Gambar 4.24 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> arah 90°	41
Gambar 4.25 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> arah 90°	42
Gambar 4.26 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 0°	42
Gambar 4.27 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 0°	43
Gambar 4.28 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 45°	43
Gambar 4.29 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 45°	44
Gambar 4.30 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 90°	44
Gambar 4.31 RAO Tertambat untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 90°	45
Gambar 4.32 Spektra JONSWAP	45
Gambar 4.33 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 0°	46
Gambar 4.34 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 0°	47
Gambar 4.35 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 45°	47
Gambar 4.36 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 45°	48
Gambar 4.37 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 90°	48
Gambar 4.38 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Rectangular Array</i> Arah 90°	49
Gambar 4.39 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> Arah 0°	49
Gambar 4.40 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> Arah 0°	50
Gambar 4.41 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> Arah 45°	50
Gambar 4.42 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> Arah 45°	51
Gambar 4.43 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> Arah 90°	51
Gambar 4.44 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>Linear Array</i> Arah 90°	52
Gambar 4.45 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 0°	52
Gambar 4.46 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 0°	53
Gambar 4.47 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 45°	53
Gambar 4.48 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 45°	54
Gambar 4.49 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 90°	54
Gambar 4.50 Respon Spektra untuk Konfigurasi <i>4 Point Mooring</i> Arah 90°	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Safety factor</i> Parsial untuk Analisa ULS (DNVGL OS-E301, 2015).....	19
Tabel 3. 1 Data Lingkungan Laut Timor (DNVGL OS-E301, 2015).....	25
Tabel 3. 2 Data Dimensi Struktur <i>SeaStation</i>	26
Tabel 3. 3 Data Beban Elemen Pendukung	26
Tabel 4.1 Gaya berat struktur <i>SeaStation</i>	27
Tabel 4. 2 Arah Pembebanan Gelombang dan Arus.....	28
Tabel 4.3 Properti <i>Mooring Line</i> yang Digunakan	32
Tabel 4.4 <i>Offset Output</i> ANSYS Aqwa	56
Tabel 4.5 <i>Tension</i> Maksimum yang Terjadi pada Tiap <i>Cable Heading</i> 0°	56
Tabel 4.6 <i>Offset Output</i> ANSYS Aqwa Arah 45°	57
Tabel 4.7 <i>Tension</i> Maksimum yang Terjadi pada Tiap <i>Cable Heading</i> 45°	57
Tabel 4.8 <i>Offset Output</i> ANSYS Aqwa <i>Heading</i> 90°	57
Tabel 4.9 <i>Tension</i> Maksimum yang Terjadi pada Tiap <i>Cable Heading</i> 90°	58
Tabel 4.10 Nilai Faktor <i>u</i> Tiap <i>Mooring Line</i> Konfigurasi <i>Rectangular Array</i>	58
Tabel 4. 11 Nilai Faktor <i>u</i> tiap <i>Mooring Line</i> pada Konfigurasi <i>Linear Array</i>	59
Tabel 4.12 Nilai Faktor <i>u</i> Tiap <i>Mooring Line</i> pada Konfigurasi <i>4 Points Mooring</i> ...	59
Tabel 4.13 Total <i>Mooring Cable</i> yang Digunakan Tiap Konfigurasi.....	60
Tabel 4.14 Perbandingan Konfigurasi <i>Mooring</i> Paling Efektif	60

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Salah satu tujuan jangka panjang Indonesia sebagai poros maritim dunia harus didukung dengan pemanfaatan industri perikanan yang maksimal. Indonesia sebagai negara maritim yang terletak di garis khatulistiwa memiliki potensi kekayaan laut yang tinggi. Kegiatan penangkapan ikan contohnya pada jenis Tuna di Indonesia memenuhi 16% dari total pasokan Tuna dunia. Jumlah tersebut didapat dari hasil penangkapan yang mengancam kepunahan karena penangkapan dilakukan lebih cepat dibandingkan dengan perkembang biakan ikan tersebut. Sebagai upaya peningkatan hasil produksi dan ketahanan pangan hasil laut Indonesia salah satunya dapat dilakukan dengan *aquaculture*.

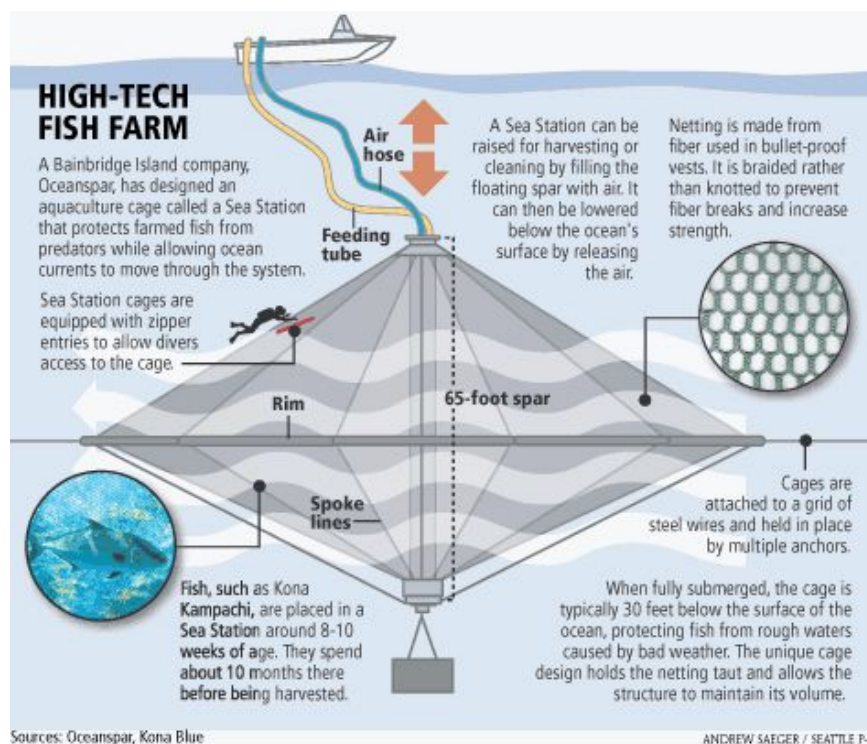
Produksi hasil laut dari teknik *aquaculture* Indonesia sebesar 2% dari total pasokan ikan seluruh dunia. Berdasarkan zona iklim, Indonesia menempati posisi pertama potensi terbesar hasil laut dari *aquaculture*. Vietnam sebagai negara sesama asia tenggara dengan potensi hasil laut yang lebih kecil, memiliki produksi dua kali lipat lebih besar dibandingkan dengan Indonesia (*Food and Agricultural Organization*, 2005). Oleh karena hal tersebut maka pengembangan *aquaculture* sangat penting untuk segera dilaksanakan di Indonesia.

Sejak akhir abad 20 peternakan ikan di laut atau *mariculture* sistem terbuka banyak diterapkan pada di pesisir pantai untuk menghindari ganasnya lingkungan laut lepas, kemudahan akses pemberian pangan, dan pengawasan. Hal tersebut berpotensi buruk terhadap lingkungan dalam jangka panjang karena pesisir pantai cenderung tidak memiliki sirkulasi yang baik sehingga residu dari sisa makanan dan kotoran ikan yang dibudidayakan mengendap dan merusak lingkungan.

Dari masalah tersebut maka penelitian terkini berlanjut pada perancangan struktur *mariculture* untuk laut dalam. Para insinyur diseluruh dunia telah melakukan perancangan sebagai jawaban dari tantangan baru dunia perikanan ternak dunia ini. Sebagai hasilnya, dalam dua dekade ini berbagai jenis struktur *mariculture* telah ditemukan mulai dari sistem terapung, setengah terapung maupun tenggelam. Bahkan struktur tersebut telah diintegrasikan untuk mengakomodir

berbagai kebutuhan seperti sistem pangan otomatis, jaring pelindung dari predator, dan sistem pemisah untuk ikan yang mati (Benetti et al, 2010).

Salah satu bentuk yang telah dikembangkan di Amerika Serikat adalah bentuk *SeaStation*. Struktur bangunan ini terdiri dari sebuah *spar* dan sebuah *rim* yang dihubungkan dengan kabel baja di 6, 8, 10 atau 12 sisinya. Struktur ini dapat diletakkan setengah terapung pada perairan dengan lingkungan yang tenang. Pada kondisi laut yang ganas struktur ini ditenggelamkan seluruhnya sekitar 15 meter di bawah permukaan laut. Struktur ini sudah digunakan lebih dari 50 unit di dunia. Ilustrasi bentuk *SeaStation* dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Mariculture berbentuk *SeaStation* (sumber: pinterest.com, 4 Maret 2017)

Setiap struktur bangunan laut memiliki respon gerak terhadap beban lingkungan. Bangunan *mariculture* sebagai bangunan apung juga memerlukan sistem tambat untuk mempertahankan posisinya. Maka dalam perancangan struktur bangunan lepas pantai terapung diperlukan analisa respon gerak bangunan apung dan sistem tambat yang tepat.

1.2. Perumusan Masalah

Beberapa masalah yang mendasari dibuatnya laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa *tension* maksimum yang dihasilkan dari sistem tambat pada struktur *aquaculture* model *SeaStation* dengan penggunaan beberapa sistem konfigurasi *mooring*?
2. Berapa *offset* maksimum yang terjadi pada struktur *aquaculture* model *SeaStation* dengan penggunaan beberapa sistem konfigurasi *mooring*?
3. Apa konfigurasi *mooring line* yang paling efisien untuk struktur *aquaculture SeaStation* yang sesuai untuk laut lepas Indonesia?

1.3. Tujuan

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui *tension* maksimum yang dihasilkan dari sistem tambat pada struktur *aquaculture* model *SeaStation* dengan penggunaan beberapa sistem konfigurasi *mooring*.
2. Mengetahui *offset* maksimum yang terjadi pada struktur *aquaculture* emodel *SeaStation* dengan penggunaan beberapa sistem konfigurasi *mooring*.
3. Mengetahui konfigurasi *mooring line* yang paling efisien untuk struktur *aquaculture SeaStation* yang sesuai untuk laut lepas Indonesia.

1.4. Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui respon gerak struktur *aquaculture* model *SeaStation* apabila di pasang pada perairan dalam Indonesia. Pengerjaan tugas akhir ini juga menganalisa besarnya tegangan maksimum dan *offset* maksimum pada sistem tambat dengan berbagai konfigurasi yang umum digunakan untuk struktur *aquaculture*. Dimensi *mooring line* juga akan dirancang untuk mengetahui ukuran yang sesuai dengan *code* dan *standard*. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diketahui rancangan sistem tambat yang paling efisien sehingga sistem *aquaculture* khususnya bentuk *SeaStation* dapat diterapkan di laut dalam Indonesia. Diharapkan pula kedepannya Indonesia memiliki ketahanan pangan dari sektor laut yang lebih baik.

1.5. Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan tugas akhir ini, maka perlu adanya ruang lingkup pengujian atau asumsi-asumsi sebagai berikut :

- a. Konfigurasi sistem tambat yang dianalisa meliputi tipe *Rectangular Array*, *Linear Array* dan *4 Points Mooring*
- b. Jangkar tertancap sempurna dan kuat sehingga tumpuan pada jangkar *fixed*
- c. Model struktur disederhanakan saat analisa sistem tambat
- d. Sistem pensuplai makanan dan struktur pendukung dianggap terpisah dan tidak dianalisis
- e. Analisa dilakukan pada kedalaman perairan 48 m dengan pasang tetinggi 2 m sehingga analisa pada kedalaman perairan total 50 m
- f. Efek angin diabaikan karena struktur *submerged* dan tidak mencapai ketinggian 10 meter
- g. Analisa gelombang dan arus dilakukan pada arah 0° , 45° , dan 90°
- h. Analisa menggunakan code DNVGL OS-E301 dengan kriteria *Ultimate Limit State* (ULS)
- i. Beban akibat adanya ikan dalam struktur tidak diperhitungkan
- j. Jaring dimodelkan berdasarkan kesamaan berat totalnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Akuakultur merupakan upaya produksi biota atau organisme perairan dengan membuat kondisi lingkungan yang mirip dengan habitat asli organisme yang dibudidayakan. (Bardach, dkk., 1972). *Aquaculture* pada dasarnya dapat dilakukan di sistem tertutup buatan manusia di darat. Pada budidaya biota yang dilakukan khusus di laut dinamakan dengan *mariculture*.

Mariculture menjadi perhatian penting untuk ketahanan pangan yang bersumber dari laut. Beberapa negara maju telah mengembangkan teknologi ini, bahkan Norwegia dan Amerika telah mengalami perkembangan yang pesat dan bersiap untuk menjadikannya komersil (Suyuthi, 2006).

Struktur *mariculture* termasuk kedalam bangunan lepas pantai terapung. Umumnya bangunan lepas pantai terapung dihubungkan dengan dasar laut menggunakan peralatan mekanik seperti kabel dan rantai. Untuk anjungan tipe ini, yang utama adalah mobilitas dan kemampuannya mengantisipasi gerakan akibat gelombang dan arus laut (Djatkiko, 2003).

Model struktur *SeaStation* merupakan salah satu struktur yang pertama dikembangkan di dunia. Sistem model ini memiliki biaya produksi yang relatif terjangkau dibandingkan pengembangan model lain. Lebih dari 50 unit sistem ini di terapkan diseluruh dunia (Goudey, 2009). Karena sebab tersebut maka struktur ini dipilih untuk diterapkan dilaut dalam Indonesia.

Riset sebelumnya membuktikan bahwa *Mooring* tipe *grid* terbukti meminimalkan kerusakan akibat gerak relatif. Konfigurasi sistem tambat initerbukti stabil dan andal untuk berbagai struktur *aquaculture* lepas pantai. Selama 7 tahun tidak terdapat masalah integrasi struktur *Mooring* atau kegagalan pada keramba. Sistem ini juga memudahkan pemasangan sistem *feeder* terpusat (De Cew et al, 2012).

Analisa sistem *mariculture* tentu tidak terlepas dari sistem tambatnya. Struktur *mariculture* lepas pantai harus memperhitungkan efek dari gelombang dan arus laut. Berdasarkan analisa *Finite Element Analysis* (FEA) komponen *nonlinear* dari arus dan gelombang memiliki efek hingga 13 %. Hal tersebut dapat

mempengaruhi elemen pada struktur *Mariculture* salah satunya pada sistem penambatannya (Fedriksson,2005). Sehingga dalam tugas akhir ini perlu dilakukan analisa menggunakan gelombang acak.

Dalam merancang sistem tambat pada bangunan apung lepas pantai diperlukan rekomendasi dari aturan internasional seperti code dan *standard*. Salah satu aturan yang dapat dijadikan acuan untuk mengkoreksi kekuatan sistem tambat adalah DNVGL GL OS-E301.

2.2.Dasar Teori

2.2.1. *Aquaculture*

Aquaculture adalah upaya budidaya biota laut pada suatu sistem yang dikontrol oleh manusia. Ekosistem dalam *aquaculture* dibuat sedemikian rupa agar menyerupai habitat asli biota laut yang dibudidaya. *Aquaculture* terdiri dari beberapa metode seperti berikut.

2.2.1.1. *Metode Aquaculture*

○ *The open-net method*

Metode open-net atau jaring apung terbuka ini memang masih kontroversial karena biota laut yang dibudidaya langsung berinteraksi dengan lingkungan. Dalam beberapa kasus residu dari *aquaculture* dapat mencemari laut terutama di perairan tertutup namun aplikasi untuk laut dalam memiliki potensi yang besar bagi ketahanan pangan dari sumber laut.

○ *Closed Systems*

Metode ini memfokuskan agar sistem akuakultur terisolasi sehingga tidak mencemari lingkungan. Biasanya terdapat mekanisme penahan agar residu atau kotoran tidak keluar. Sistem ini sangat aman untuk mencegah kontaminasi silang antar spesies dalam peternakan ikan.

○ *The Raceway Method*

Raceway merupakan sistem paling tepat untuk membudidayakan ikan jenis Trout Pelangi. Desain metode ini menggunakan air mengalir untuk mengairi kolam

ikan ini. Jika residu dan kotoran ikan dikelola dengan baik maka metode ini bisa jadi metode paling rendah resiko rusaknya lingkungan.

- *The Recirculation Method*

Resirkulasi berlawanan dengan metode *raceway* dimana mementingkan agar penggunaan air berulang. Dengan penggunaan berulang dan hanya dalam satu kolam yang sama sehingga mampu menghindari transfer bakteri dan kotoran ikan. Dengan metode ini dapat dilakukan pengembangbiakan berbagai jenis ikan.

- *Pond Systems*

Sistem ini pada dasarnya sistem *closed* atau tertutup. Sistem *Pond* dilakukan dengan menggali tanah dan membuat kolam untuk membudidaya biota laut. Sistem ini cocok digunakan pada biota laut seperti lele atau udang.

2.2.1.2. Perkembangan Struktur *Mariculture*

Awal perkembangan struktur *mariculture* di laut dilakukan menggunakan struktur sederhana yang didaerah pesisir pantai. Struktur tersebut sangat efektif terhadap biaya. Seiring meningkatnya kebutuhan akan hasil laut maka sistem *mariculture* bergeser ke laut dalam. Sehingga struktur sederhana tidak mumpuni untuk menahan gelombang tinggi dan badai. Berikut beberapa pengembangan struktur *mariculture*.

- *HDPE Cages*

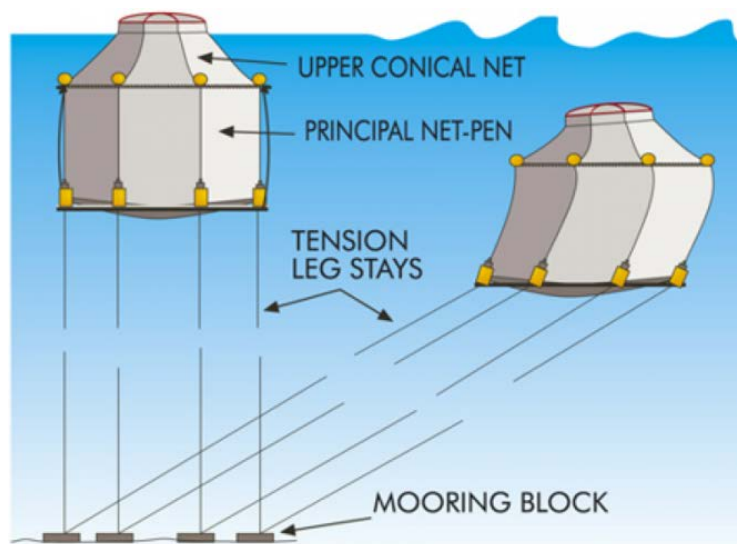
Pada awal perkembangan struktur *mariculture* dibuat menggunakan pipa HDPE. Pipa ini dibentuk melingkar dan sambungkan dengan jaring dan dipasang pemberat dibagian bawahnya. Bentuk struktur ini hanya efektif pada perairan yang tenang karena berada pada permukaan laut. Contoh struktur ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem *Mariculture* dengan Pipa HDPE (refamed.com, 21 Februari 2017)

- STINEF *Tension Leg Cage*

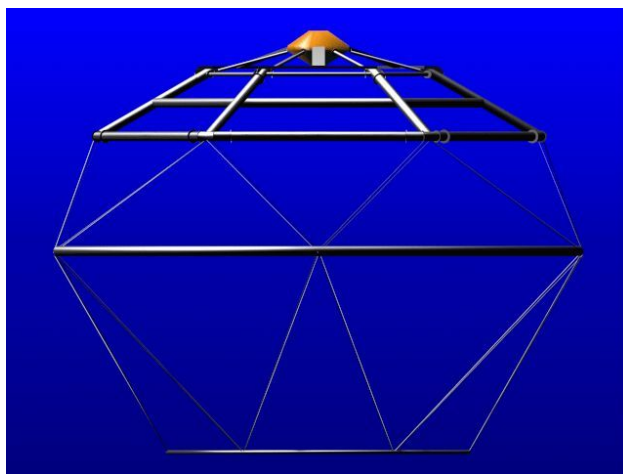
Pada dasarnya bentuk struktur ini berbentuk segi enam material baja. Pada bagian atas dipasang *floatcollar* untuk akses *diver* dan pemberian pakan. Dibawahnya terdapat struktur segienam yang dihubungkan dengan *top buoy* untuk mengapungkan. Bagian bawah struktur ini di hubungkan dengan penegar dan ditambat ke dasar laut dengan tipe *taut mooring*. Ilustrasi sesuai dengan Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Tension Leg Cage* milik STINEF (refamed.com, 21 Februari 2017)

- SADC Sea Shelf

Bentuk struktur ini setengah terapung dimana bagian atasnya dilengkapi dengan sistem kontrol untuk pemberian pakan dan perlengkapan memonitor ikan dibawahnya. Struktur bangunan ini terbentuk dari tubular baja yang membentuk segi delapan dan mengerucut ke bagian atasnya dengan berbagai tingkat layaknya rak buku seperti pada Gambar 2.3. Bagian tengah dan bawah dihubungkan dengan *rim* berbentuk lingkaran dengan kabel baja yang dipasang secara diagonal mengelilingi struktur.



Gambar 2.3 Sea Shelf milik SADC (aquavitro.org, 21 Februari 2017)

- Ocean Spar *SeaStation*

SeaStation merupakan struktur bangunan *mariculture* yang mengadopsi bangunan lepas pantai *Single Point Anchor Reservoir* (SPAR). Bagian tengah struktur ini berbentuk SPAR kecil dan dihubungkan dengan sebuah *rim* menggunakan kabel baja di sisinya. Struktur ini termasuk bentuk yang sederhana dan ekonomis. Struktur model ini memiliki kelebihan yaitu biaya konstruksi yang relatif murah. Bentuk ini terbukti mampu dioperasikan baik submerged, ataupun semi submerged. Kondisi submerged biasanya diterapkan untuk perairan dalam untuk mereduksi energi gelombang laut yang ganas. Ilustrasi model struktur dapat dilihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *SeaStation* milik Ocean Spar (innovasea.com, 21 Februari 2017)

- Ocean Farm Aquapod

Aquapod merupakan struktur *mariculture* yang dikembangkan oleh *Ocean Farm Technologies* dari Amerika. Struktur ini terbuat dari bahan daur ulang plastik yang dicetak dalam panel-panel berbentuk segitiga. Panel tersebut disusun membentuk bola. Panel ini dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan seperti penutup untuk masuk diver, sistem *feeding* otomatis, sistem panen maupun propeler untuk transportasi tanpa bantuan kapal tunda. Bentuk struktur dapat dilihat pada Gambar 2.5.

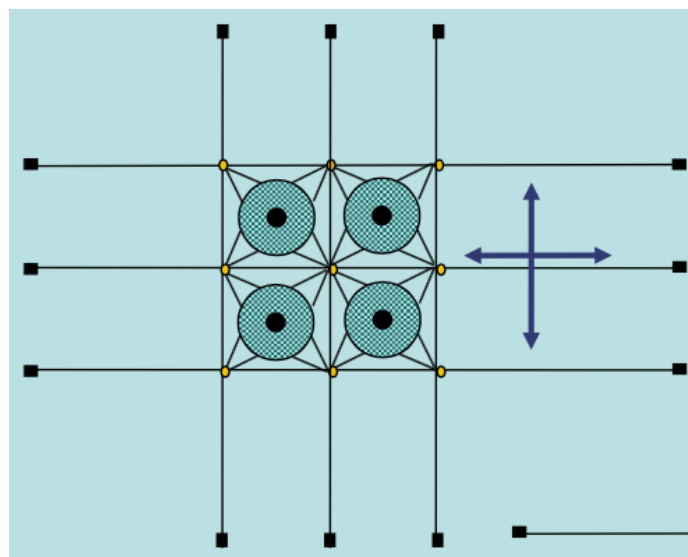


Gambar 2. 5 Aquapod dikembangkan oleh Innovasea (innovasea.com, 21 Februari 2017)

2.2.1.3. Metode Tambat *Mariculture*

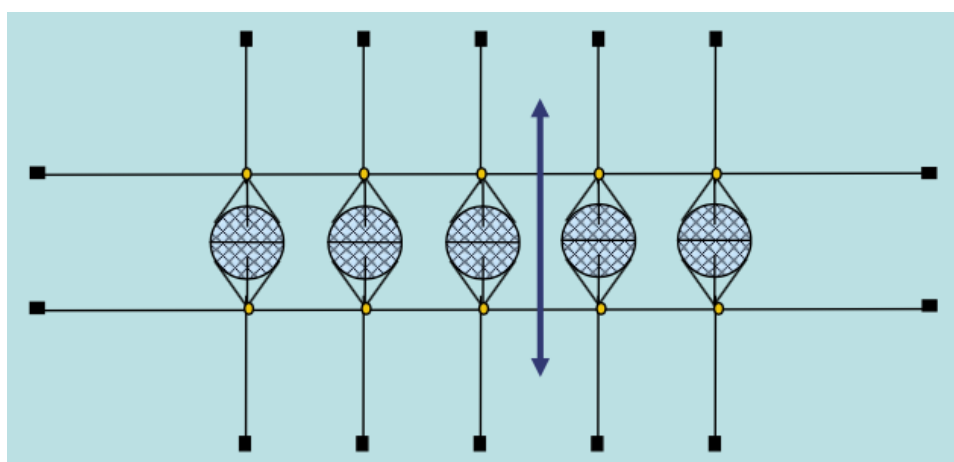
Dengan berkembangnya teknologi *mariculture* ke laut dalam maka praktik sistem penambatan yang biasa digunakan dalam industri perikanan ternak ini juga berkembang. Berikut ini beberapa konfigurasi tambat yang umum digunakan dalam *mariculture*. Bentuk ini dapat dilihat pada Gambar 2.6, Gambar 2.7, dan Gambar 2.8.

- *Multi Directional Anchor Lines*
 - *Rectangular Array*



Gambar 2.6 *Mooring* Konfigurasi Jajaran Persegi (WAS Aquaculture, 2009)

- *Linear Array*

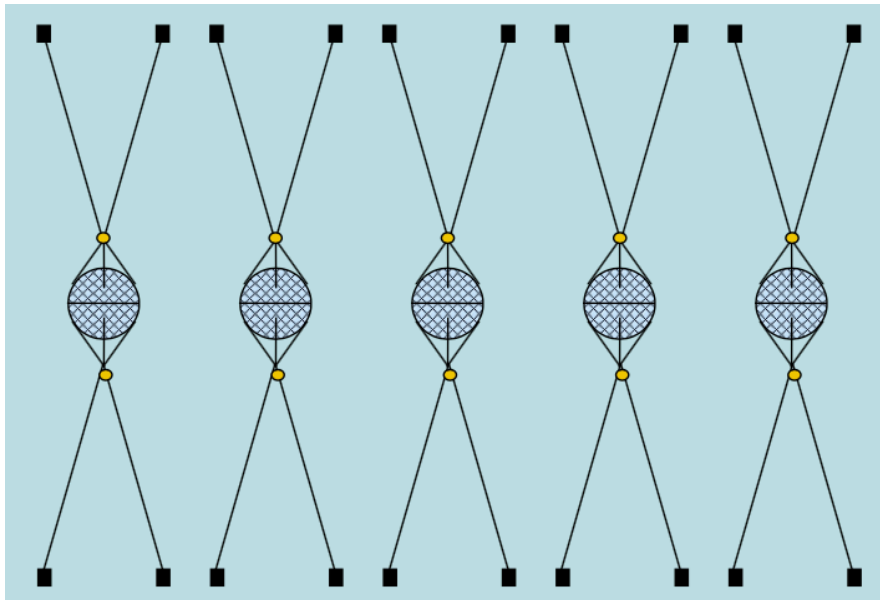


Gambar 2.7 *Mooring* Konfigurasi Jajaran *Linear* (WAS Aquaculture, 2009)

Karakteristik konfigurasi jenis ini adalah sebagai berikut

- Konfigurasi susunan kisi-kisi akan efektif untuk jumlah keramba yang banyak
- Toleransi terhadap arus dari berbagai arah besar
- Kegagalan lokal akan berakibat fatal pada integritas sistem tambak secara keseluruhan
- Resiko penyebaran penyakit dan penumpukan polusi relatif besar

- *Independent 4 Points Mooring*



Gambar 2. 8 *Mooring* Konfigurasi 4 Titik Tambat (WAS Aquaculture, 2009)

Karakteristik konfigurasi jenis ini adalah sebagai berikut

- Efektif bila arah arus cenderung 2 arah saja
- Kemungkinan terjadi kegagalan relatif kecil
- Biaya paling mahal dibandingkan konfigurasi lain

2.2.2. Pembebanan

Dalam menentukan kemampuan struktur lepas pantai, struktur akan dipengaruhi beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Menurut Soedjono, J.J. (1999) terdapat 4 beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan

bangunan lepas pantai sebagai berikut :

- Beban mati (*Dead Load*) : Berat struktur dengan tetap yang tidak dipindahkan
- Beban hidup (*Live Load*) : Berat yang dapat dipindahkan dan tidak menentu besarnya.
- Beban Lingkungan (*Enviromental Load*) : Beban lingkungan adalah beban yang terjadi karena adanya pengaruh lingkungan dimana struktur dioperasikan. Beban lingkungan yang terjadi pada struktur akuakultur ini adalah: gelombang dan arus.

2.2.3. Spektrum Gelombang JONSWAP

Salah satu model spektral yang diajukan oleh Pierson Morkowitz (1964) dan masih secara luas digunakan. Aplikasi umum dari satu parameter spektrum gelombang Pierson Morkowitz dibatasi oleh fakta jika kondisi laut kadang dijangkau secara penuh situasi dikembangkan. Pengembangan dari laut juga dibatasi oleh fetch. Secara luas program pengukuran gelombang, diketahui sebagai *Joint North Sea Wave Project* (JONSWAP) yang berasal dari laut utara. Dari analisa dari pengukuran data JONSWAP spektrum diturunkan. Perumusan spektrum JONSWAP mewakili angin dengan batasan *fetch*.

Spektrum gelombang yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah spektrum JONSWAP. Persamaan spektrum JONSWAP merupakan modifikasi dari persamaan spektrum Pierson-Morkowitz yang disesuaikan dengan kondisi laut yang ada. Persamaan spektrum JONSWAP menurut Djatmiko (2012) dapat ditulis sesuai dengan persamaan 2.1 dan disederhanakan menjadi persamaan 2.2.

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[-1.25 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[\frac{(\omega - \omega_0)^2}{2\tau\omega_0^2} \right]} \dots (2.1)$$

dimana:

$$\alpha = 0,0076 (X_0)^{-0,22}$$

$$X_0 = gX/U_w^2$$

X = panjang *fetch* (m)

α = fetch , nilainya 0,0081 jika panjang *fetch* tidak diketahui

γ = parameter ketinggian atau peakedness parameter, yang harganya dapat bervariasi antara 1.0 sampai dengan 7.0. Untuk laut utara mempunyai harga 3.3.

τ = parameter bentuk atau *shape parameter*

$\tau = 0.07$ jika $\omega \leq \omega_0$

$\tau = 0.09$ jika $\omega \geq \omega_0$

$$\omega_0 = 2\pi\left(\frac{g}{U_w}\right)(X_0)^{-0.33} \dots (2.2)$$

Formulasi spektra JONSWAP akhir-akhir ini banyak dipakai dalam perancangan dan analisa bangunan lepas pantai yang dioperasikan di Indonesia. Hal ini cukup dapat dimengerti karena perairan Indonesia di mana kebanyakan bangunan lepas pantai untuk kegiatan migas dioperasikan adalah perairan kepulauan atau tertutup. Namun dari sejumlah kajian, untuk perairan Indonesia disarankan memakai parameter yang lebih kecil, sekitar 2.0 sampai 2.5. Hal ini pada intinya adalah untuk mengurangi dominasi energi yang dikontribusikan oleh frekuensi gelombang tertentu saja (Djarmiko, 2012). Persamaan Spektra JONSWAP di atas menggunakan input fetch dan kecepatan angin. Berikut ini merupakan Persamaan spektrum JONSWAP yang menggunakan input tinggi gelombang signifikan dan periode. Persamaannya dapat dilihat dalam persamaan 2.3 (Djarmiko dan Sujantoko, 2003).

$$S(\omega) = 155 \left(\frac{x_y^2}{T^4 \omega^4} \right) \exp \left(\frac{-944}{T^4 \omega^4} \right) \gamma^\alpha \dots (2.3)$$

2.2.4. Gerak Bangunan Apung

Struktur terapung yang bergerak di atas permukaan laut mengalami gerakan osilasi. Gerakan osilasi terdiri dari 6 macam gerakan yaitu 3 gerakan translasi dan 3 gerakan rotasional dalam 3 arah sumbu gerakan. 6 macam gerakan osilasi yaitu:

a. Gerakan Translasi

- Surge, gerakan transversal arah sumbu x
- Heave, gerakan transversal arah sumbu z
- Sway, gerakan transversal arah sumbu y

b. Gerakan Rotasional

- Roll, gerakan rotasi arah x
- Pitch, gerakan rotasi arah y
- Yaw, gerakan rotasi arah z

2.2.5. Response Amplitude Operator (RAO)

Response Amplitude Operator (RAO) adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur. Hal ini dikarenakan RAO adalah alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada suatu struktur. Menurut Djatmiko (2012), respon gerakan RAO terbagi menjadi dua yaitu:

- Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi yaitu surge, sway, dan heave ($k = 1, 2, 3$ atau x, y, z), merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakannya (ζ_{k0}) dibanding dengan amplitudo gelombang (ζ_0 , dalam satuan panjang). Persamaan 2.4 digunakan untuk menentukan RAO gerakan translasi.

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} (m/m) \dots (2.4)$$

- RAO untuk gerakan rotasi yaitu roll, pitch, dan yaw ($k = 4, 5, 6$ atau θ, Φ, ψ) adalah merupakan perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi dengan kemiringan gelombang (hasil kali antara angka gelombang dengan amplitudo gelombang insiden). Persamaan 2.5 dibawah digunakan untuk menentukan RAO gerakan rotasi.

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{k_w \zeta_0} = \frac{\zeta_{k0}}{(\omega^2/g)\zeta_0} (rad/rad) \dots (2.5)$$

dimana :

- g : percepatan gravitasi
 ω : frekuensi gelombang
 ζ_{k0} : amplitudo gerak struktur

ζ_o : amplitudo gelombang
 k_w : kemiringan gelombang

2.2.6. Respon Gerak Bangunan Laut di Gelombang Acak

Hasil dekomposisi gelombang acak dapat diwakilkan dalam kurva spektra $S_\zeta(\omega)$ yang bisa dibagi pias-pias berdasarkan kenaikan frekuensi. Sedangkan komponen respons sinusoidal dapat diwakilkan dalam kurva RAO. Energi gelombang dapat ditransformasikan menjadi energi respons. Jadi dapat disimpulkan bahwa respon struktur bangunan laut adalah hasil korelasi antara spektra gelombang dengan RAO. Energi gelombang merupakan kuadrat dari amplitudonya dan energi respons merupakan kuadrat amplitudonya sehingga didapat RAO kuadrat. Sehingga respons di gelombang acak dapat disederhanakan sebagai perkalian antara RAO kuadrat dengan spektrum energi gelombang seperti pada persamaan 2.6. (Djarmiko, 2012)

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \cdot S_\zeta(\omega) \dots (2.6)$$

dimana :

$S_{\zeta_r}(\omega)$: Energi gelombang

$S_\zeta(\omega)$: Energi respons

2.2.7. Mooring Offset

Pergerakan horizontal pada *mooring* pada dasarnya memiliki korelasi terhadap perubahan *tension* pada *mooring line*. Hubungan antara *mooring offset* dengan *tension* dapat dilihat pada Gambar 2.9. Perhitungan *mean offset* (X_c) dilakukan dengan mencari nilai terbesar diantara persamaan 2.7 dan 2.8 seperti dibawah ini.

$$X_{C1} = X_{mean} + X_{LF-max} + X_{WF-sig} \dots (2.7)$$

$$X_{C2} = X_{mean} + X_{LF-sig} + X_{WF-max} \dots (2.8)$$

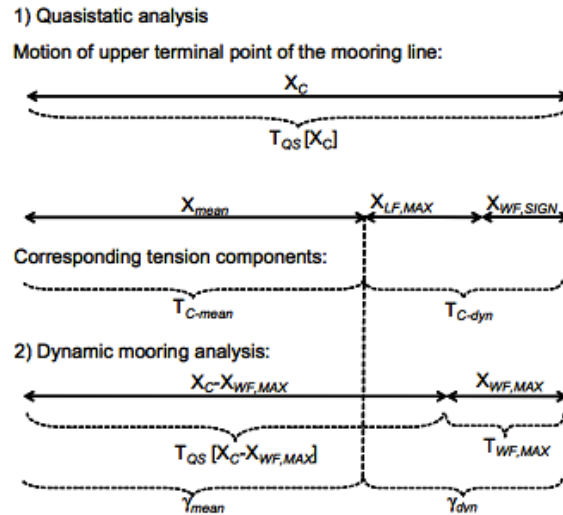
dimana

- X_{mean} : Jarak horizontal akibat kondisi lingkungan normal relatif posisi struktur dalam kondisi air tenang
- X_{LF-max} : Gerak horizontal maksimum pada frekuensi rendah
- X_{LF-sig} : Gerak horizontal signifikan pada frekuensi rendah
- X_{WF-sig} : Gerak horizontal signifikan pada frekuensi gelombang
- X_{WF-max} : Gerak horizontal maksimum pada frekuensi gelombang
- N_{WF} : Jumlah osilasi frekuensi gelombang selama kondisi *sea state*
- N_{LF} : Jumlah osilasi frekuensi rendah selama kondisi *sea state*
- σ_{X-WF} : Standar deviasi horizontal dalam gerak akibat frekuensi gelombang dari *terminal point* bagian atas relatif ke arah *mooring line*
- σ_{X-LF} : Standar deviasi horizontal dalam gerak akibat frekuensi rendah dari *terminal point* bagian atas relatif ke arah *mooring line*

2.2.8. Tension Mooring

Beban lingkungan yang bekerja pada struktur menyebabkan terjaidnya tanganan (*tension*) pada *Mooring*. *Tension* pada *mooring* erat kaitannya dengan pergerakan atau *offset* dari struktur. Tegangan pada *mooring* dapat dihitung berdasarkan DNVGL OS-E301. Berdasarkan standar tersebut analisa dilakukan dengan kriteria *Ultimate Limit State* (ULS) analisa dinamis.

Dalam kriteria ini struktur dinyatakan gagal apabila kegagalan struktur terjadi secara global. Pada analisa *mooring line* perhitungan *tension* dilakukan berdasarkan respon pergerakan struktur secara horizontal relatif terhadap titik acuan ilustrasi seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Ilustrasi Hubungan antara *Offset* dengan *Tension* pada Analisa Perhitungan pada Perancangan (DNVGL OS-E301, 2015)

Dalam DNVGL OS-E301 analisa yang dilakukan merupakan analisa *Load and Resistance Factor Design* (LRFD). Dalam analisa LRFD kekuatan suatu struktur ditentukan berdasarkan perbandingan antara karakteristik kekuatan struktur dengan karakteristik beban. Kedua karakteristik tersebut diberikan nilai keamanan atau *safety factor* untuk tiap elemennya secara parsial disesuaikan dengan kondisi pembebanan sehingga memiliki desain yang lebih efisien disbanding pendekatan WSD.

Pada analisa *mooring line* beban yang terjadi merupakan *tension* pada *mooring line*. Faktor beban berupa *tension* tersebut di tahan oleh kapasitas karakteristik. Sehingga kekuatan sistem *mooring* merupakan perbandingan antara *characteristic tension* dengan *characteristic capacity* dirumuskan seperti persamaan 2.9. Dari persamaan 2.9 dibawah, dengan menambahkan sebuah faktor sebagai nilai perbandingan maka persamaan dapat diubah dalam bentuk persamaan 2.10 dengan nilai $u \leq 1$.

$$S_c - T_{C-mean} \gamma_{mean} - T_{C-dyn} \gamma_{dyn} \geq 0 \quad \dots (2.9)$$

$$u = \frac{T_{C-mean} \gamma_{mean} + T_{C-dyn} \gamma_{dyn}}{S_c} \quad \dots (2.10)$$

dimana

S_c	: Kapasitas karakteristik <i>mooring line</i>
T_{C-mean}	: <i>Tension</i> karakteristik mean <i>mooring line</i>
T_{C-dyn}	: <i>Tension</i> karakteristik dinamis <i>mooring line</i>
γ_{mean}	: <i>Safety factor</i> parsial untuk <i>mean tension</i>
γ_{dyn}	: <i>Safety factor</i> parsial untuk <i>dynamic tension</i>

Analisa di atas dilakukan dengan *safety factor* parsial untuk tiap elemen *tension*. *Safety factor* yang digunakan dipilih berdasarkan dua tingkat konsekuensi. Tingkat konsekuensi 1 lebih besar konsekuensinya dibandingkan tingkat 2. Besar faktor keamanannya dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 *Safety factor* Parsial untuk Analisa ULS (DNVGL OS-E301, 2015)

<i>Consequence Class</i>	<i>Type of analysis of wave frequency tension</i>	<i>Partial Safety factor on mean tension</i> γ_{mean}	<i>Partial Safety factor on dynamic tension</i> γ_{dyn}
1	Dynamic	1.10	1.50
2	Dynamic	1.40	2.10
1	Quasi-static	1.70	
2	Quasi-static	2.50	

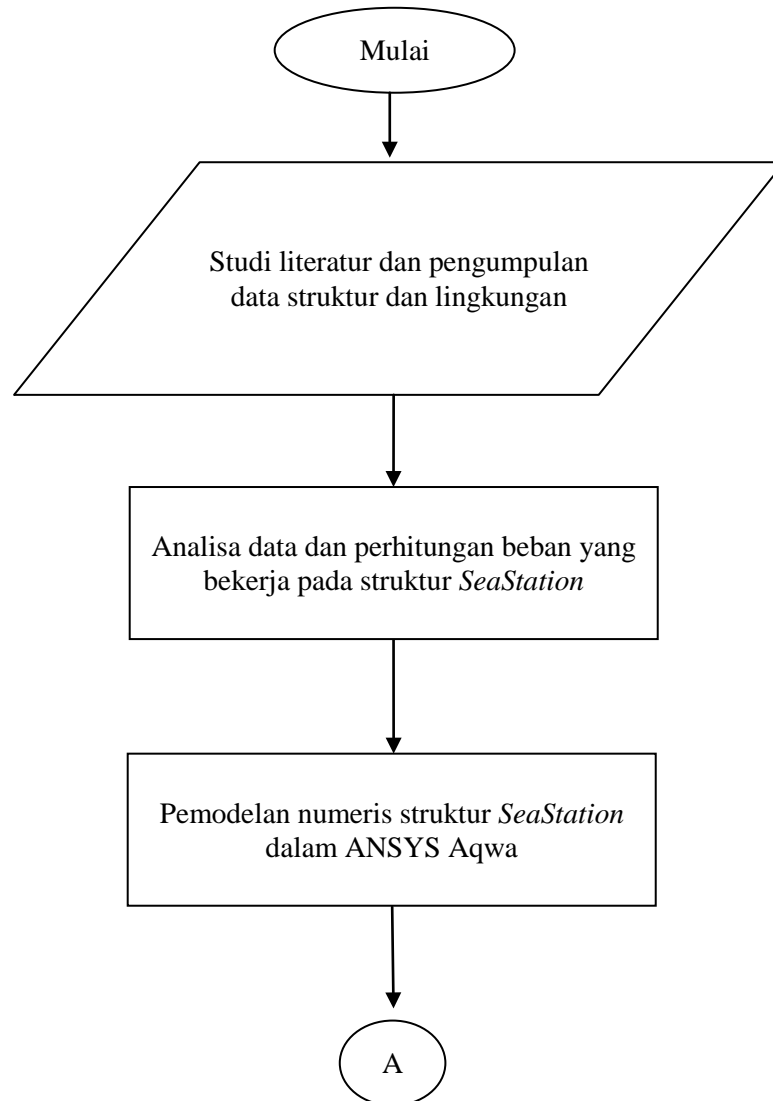
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

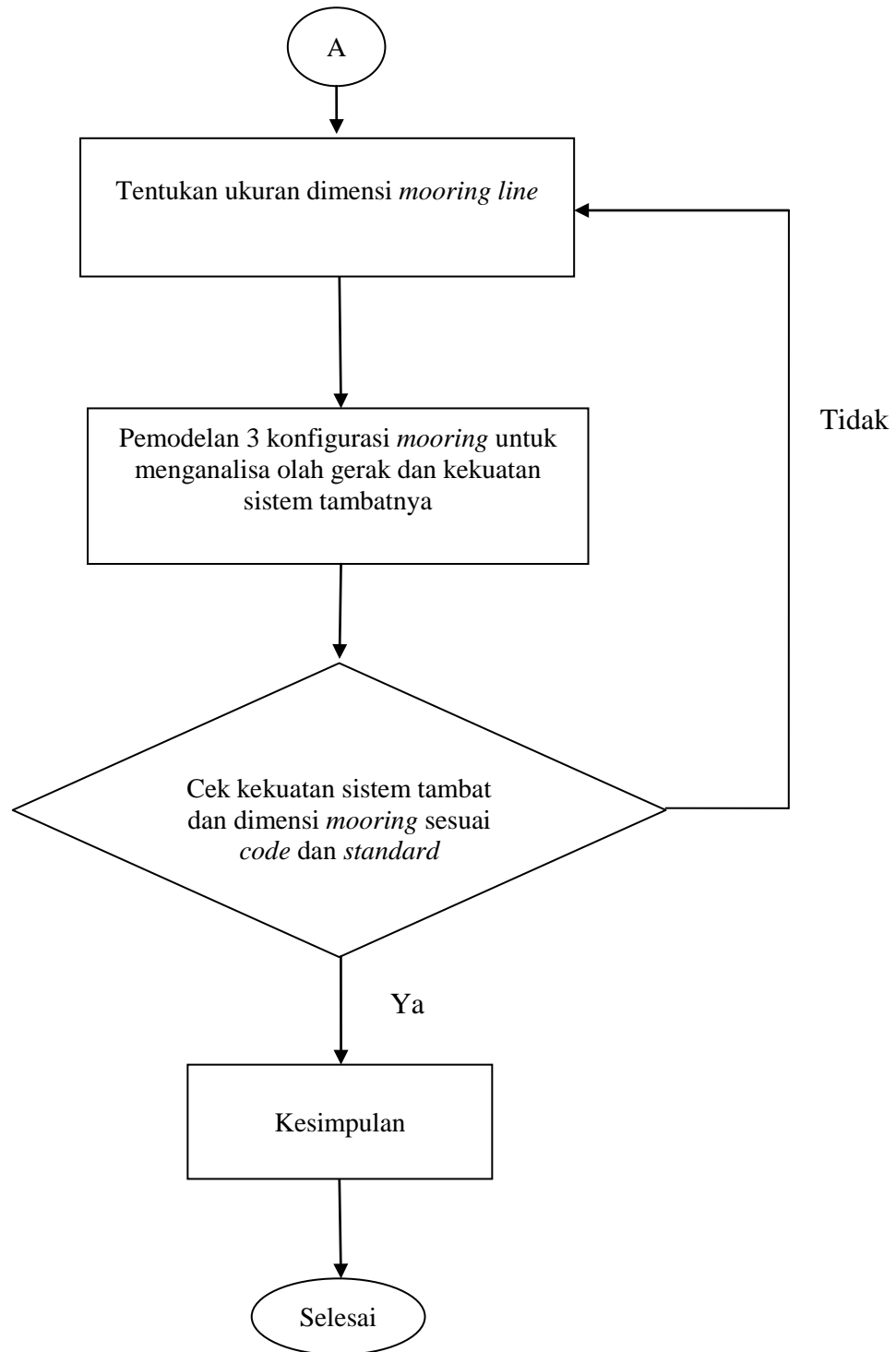
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Metodologi penelitian yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir diwujudkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.1 dan 3.2 dijelaskan seperti berikut:

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Pada pengerjaan tugas akhir ini studi literatur dilakukan dengan mencari jurnal, buku, tugas akhir lain dan informasi dari internet yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini. Data struktur dan lingkungan yang akan digunakan dalam tugas akhir ini bersumber dari jurnal, buku dan literatur lain. Data lingkungan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data Laut Timor yang meliputi data gelombang, dan arus yang di dapat dari DNVGL OS-E301.

2. Analisa Beban yang Bekerja pada Struktur

Dalam menganalisa olah gerak suatu struktur bangunan laut perlu dilakukan analisa beban yang bekerja. Untuk struktur *aquaculture* model *SeaStation* terdapat beberapa gaya yang berkontribusi antara lain beban struktur itu sendiri, *feeding system*, berat net, beban hidup saat *maintenance* dan beban lingkungan.

3. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur *SeaStation* perlu dilakukan dengan *drafting* menggunakan SolidWorks. Model struktur di ekspor kedalam format yang dapat dianalisa pada perangkat lunak ANSYS Aqwa dalam menganalisa sistem tambatnya.

4. Penentuan Ukuran *Mooring Line*

Ukuran dimensi dari *mooring line* diestimasi sesuai rekomendasi dari *code* dan *catalogue mooring line* yang tersedia dipasaran. Panjang *mooring line* disesuaikan dengan kedalaman laut perencanaan sedalam 50 meter.

5. Pemodelan Konfigurasi *Mooring*

Dari dimensi yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya struktur *SeaStation* dimodelkan dengan tiga konfigurasi *mooring* yaitu *rectangular array*,

mooring grid, *linear array mooring grid* dan *4 points mooring*. Ketiga model tersebut dibuat secara terpisah menggunakan ANSYS Aqwa.

6. Analisa Hasil Sesuai Code dan *Standard*

Dari pemodelan sistem tambat pada tahap sebelumnya kemudian struktur dianalisa *tension* pada tiap *mooring line* dan *offset*-nya. Setelah didapatkan hasil terbesar kemudian di validasi menggunakan DNVGL OS-E301. Hasil yang tidak memenuhi maka harus kembali ke tahap penentuan ukuran *mooring line*. Apabila telah memenuhi kriteria maka dilanjutkan ke tahap berikutnya.

7. Kesimpulan

Analisa sistem tambat telah dilakukan dengan 3 konfigurasi yang berbeda sehingga memiliki *offset* dan *tension* yang berbeda pula. Pada bagian ini hasil dari keseluruhan analisa akan didapatkan konfigurasi *mooring* paling baik untuk struktur *aquaculture* model *SeaStation* berdasarkan faktor panjang *mooring line* terpendek, *tension* terkecil, dan *offset* terkecil untuk diterapkan di perairan laut dalam Indonesia.

3.3. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam analisa ini adalah data struktur dan data lingkungan. Data struktur meliputi dimensi struktur dan berat struktur serta sistem pendukungnya yang memberikan kontribusi beban terhadap struktur.

3.3.1. Data Lingkungan

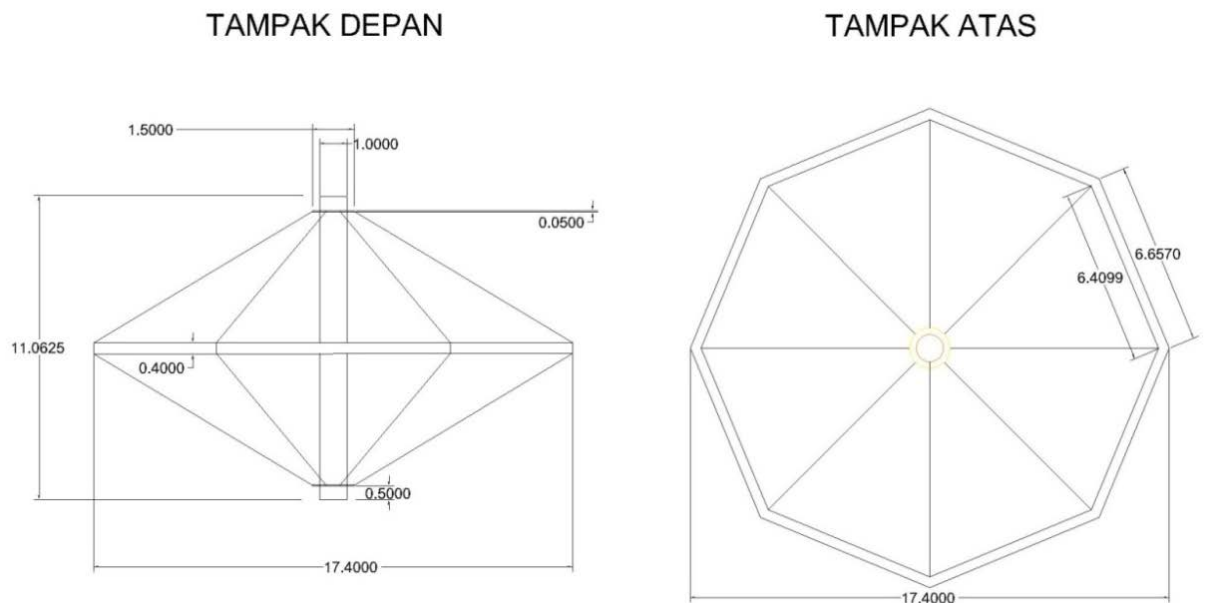
Data gelombang dan arus untuk analisa berasal dari DNVGL OS-E301 sesuai Tabel 3.1. Laut yang dipilih adalah Laut Timor karena merupakan salah satu daerah dapat ditemukan ikan tuna di perairan Indonesia.

Tabel 3. 1 Data Lingkungan Laut Timor (DNVGL OS-E301, 2015)

Data Laut Timor gelombang 100 tahunan		
Kondisi Normal	Hs =	4,8 m
	Tp =	11,5 s
	Tz =	8,3 s
Data kecepatan arus permukaan Laut Timor periode ulang 10 tahunan		
Kondisi Normal		1,1 m/s

3.3.2. Data Struktur

Struktur terdiri dari sebuah SPAR dan *rim*. Kedua elemen tersebut dihubungkan dengan 8 buah *sling*. Dimensi ukuran *SeaStation* dapat dilihat sesuai Gambar 3.3 dan Tabel 3.2.



Gambar 3. 3 Gambar Dimensi Struktur *SeaStation*

Tabel 3. 2 Data Dimensi Struktur *SeaStation*

Dimensi Struktur <i>SeaStation</i>					
Bagian	Panjang	Diameter Dalam	Diameter Luar	Jumlah	Berat(ton)
SPAR	11,0625 m	0,98 m	1 m	1	3.455
Rim Section	6,53 m	0,39 m	0,4 m	8	2.455
Sling	9,32 m	-	0,02 m	16	2.380
Flange	0,05 m	1,00 m	1,5 m	2	0.358
TOTAL Berat Struktur					8.648

Dimensi dari tiap bagian struktur *aquaculture* model *SeaStation* dapat dilihat pada Tabel 3.2. Data lain pendukung struktur *aquaculture* model *SeaStation* yang juga berkontribusi terhadap analisa antara lain kapasitas pakan ikan, berat live load dan berat jarring. Berat dari tiap elemen tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Data Beban Elemen Pendukung

Kapasitas pakan ikan	2 ton
Live load pekerjaan maintenance	0.2 ton
Berat Netting	0.303 ton

3.3.3. Data *Mooring Line*

Jenis *mooring line* yang akan digunakan dalam analisa tugas akhir ini menggunakan bahan berjenis *wire rope*. Produk yang dipilih adalah Diamond Blue dari Bridon. Jenis tersebut dipilih karena memiliki variasi ukuran kecil dan ketahanan mampu mencapai 10 tahun. Ukuran yang dapat dipilih dapat dilihat datanya seperti pada Gambar 3.4.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data dan Perhitungan Beban

4.1.1. Beban Struktur

Beban Struktur akibat gaya berat dapat dihitung sesuai dengan Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Gaya berat struktur *SeaStation*

GAYA BERAT			
Sling			
Volume	0.01895 m ³		
Pipe Density	7850.000 kg/m ³		
Jumlah	16		
Gaya Berat	vxpxn	2380.294 kg	
		2.380 Ton	
Spar			
Volume	0.44011 m ³		
Pipe Density	7850.000 kg/m ³		
Jumlah	1		
Gaya Berat	vxpxn	3454.829 kg	
		3.455 Ton	
Steel Rim			
Volume	0.03910 m ³		
Pipe Density	7850.000 kg/m ³		
Jumlah	8		
Gaya Berat	vxpxn	2455.498 kg	
		2.455 Ton	
Ring			
Volume	0.02279 m ³		
Pipe Density	7850.000 kg/m ³		
Jumlah	2		
Gaya Berat	vxpxn	357.807 kg	
		0.358 Ton	
TOTAL BERAT		8648.427 kg	
		8.648 ton	

4.1.2. Beban Hidup

Dalam perancangan struktur *aquaculture SeaStation* akan mendapat berat tambahan dari kegiatan operasi. Operasi yang dilakukan berupa pemberian pakan dan pengecekan terhadap keramba. Analisa ini diasumsikan untuk dioperasikan oleh 2 orang dewasa dengan bobot maksimal 100kg. Sehingga totalnya dapat dilihat pada persamaan 4.1 sehingga menghasilkan total beban 0.2 ton.

$$100kg * 2 = 200 kg \dots(4.1)$$

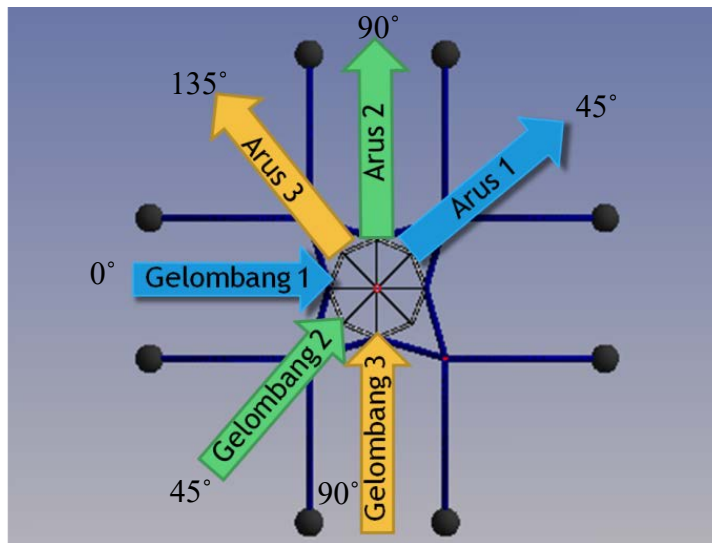
4.1.3. Kombinasi Arah Pembebanan Gelombang

Dalam DNVGL OS-E301 terdapat beberapa kriteria analisis yang direkomendasikan dalam menganalisa respon dari suatu bangunan apung tertambat. Salah satu diantaranya adalah pembebanan gelombang dan arus. Untuk analisa dengan arah arus dan gelombang yang belum diketahui, arah arus diberikan *gap* sebesar 45° -dari arah gelombang. Karena keempat konfigurasi *mooring* pada Tugas Akhir ini simetris maka dilakukan analisa gelombang dengan tiga arah datang gelombang yaitu 0°, 45°, dan 90°. Untuk lebih mudah memahami

arah pembebanan dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1.

Tabel 4. 2 Arah Pembebanan Gelombang dan Arus

	Arah Gelombang (°)	Arah Arus (°)
Kombinasi 1	0	45
Kombinasi 2	45	90
Kombinasi 3	90	135



Gambar 4. 1 Ilustrasi Kombinasi Pembebanan Lingkungan

4.1.4. Analisa Data Lingkungan

Tipe spektrum gelombang yang akan dianalisa dalam tugas akhir ini adalah tipe JONSWAP sesuai ketentuan DNVGL OS-E301. Dalam menentukan *peakedness* parameter sesuai yang diatur seperti persamaan berikut ini:

$$\gamma = 5 \text{ apabila } \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} \leq 3.6 \quad \dots(4.2)$$

$$\gamma = e^{5.75 - 1.15 \frac{T_p}{\sqrt{H_s}}} \text{ apabila } 3.6 \leq \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} < 5 \quad \dots(4.3)$$

$$\gamma = 1 \text{ apabila } 5 \leq \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} \quad \dots(4.4)$$

Dari persamaan 4.2, 4.3, dan 4.4 diatas maka sesuai dengan data lingkungan didapatkan nilai hasil nilai perbandingan 5,25 sehingga menggunakan *peakedness factor* $\gamma = 1$. Perhitungan lengkap dapat dilihat dalam Lampiran.

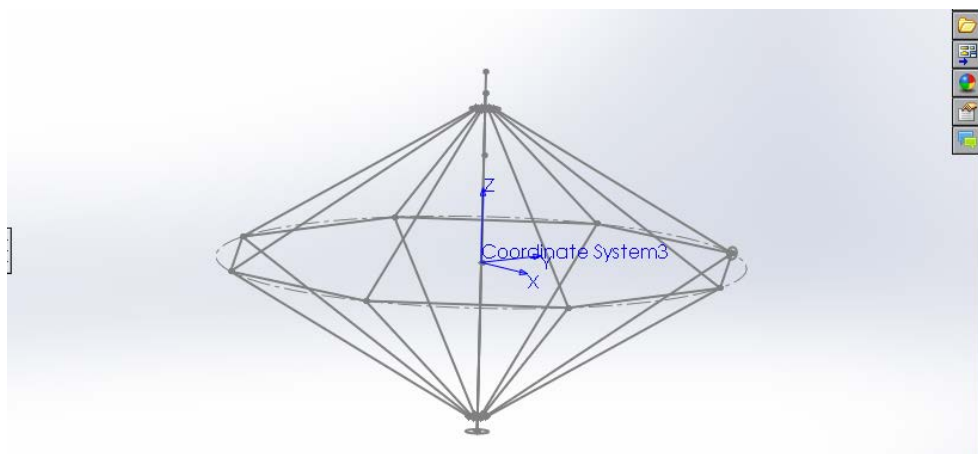
4.2. Pemodelan Numeris Struktur

Pemodelan numeris dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mencari analisa olahgerak dari struktur *aquaculture* model *SeaStation*. Analisa akan dilakukan meliputi spektrum respons struktur, *offset*, dan *tension* pada tali tambat. Untuk mendapatkan hasil tersebut digunakan *software* ANSYS Aqwa. Pemodelan bentuk struktur awal akan dilakukan menggunakan SolidWorks karena kompleksitas bentuk struktur.

4.2.1. Pemodelan Bentuk Struktur dengan SolidWorks

4.2.1.1. Pembuatan Garis Model

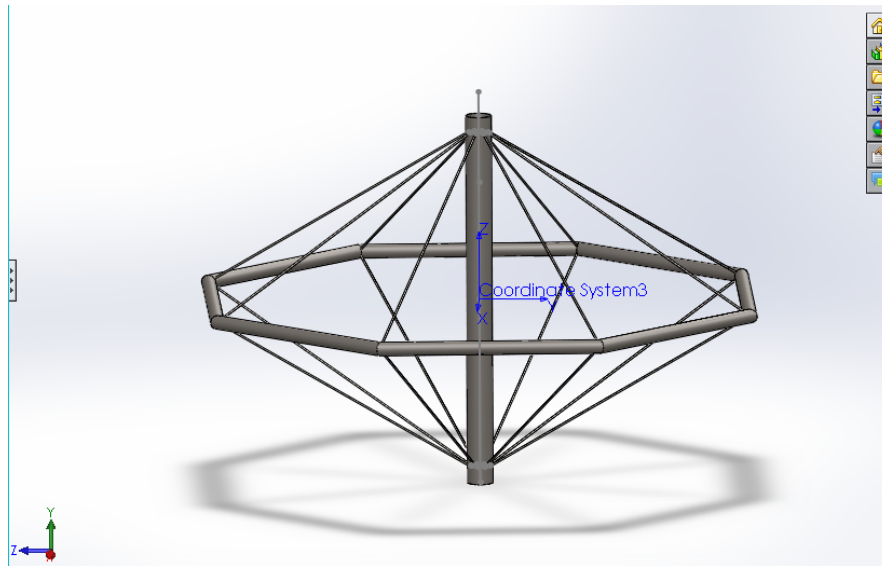
Pemodelan bentuk struktur dilakukan dengan perangkat lunak SolidWorks. Tipe model yang dibuat adalah jenis part karena keseluruhan struktur dibuat menjadi satu kesatuan. Tahapan pertama dalam membuat model struktur adalah membuat garis –garis tengah untuk tiap bagian. Hasil garis yang dibuat akan terlihat seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Draft Garis Model dalam SolidWorks

4.2.1.2. Solid Model 3D

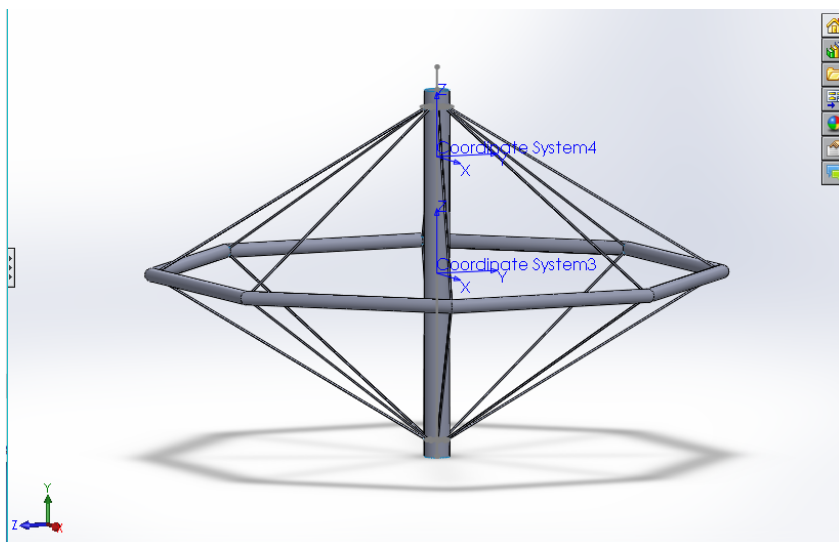
Tahap berikutnya model dibuat kedalam bentuk solid menyesuaikan dengan data yang diperoleh. Pemodelan *solid* ini bertujuan untuk mencari berat total struktur dan momen sehingga jari-jari girasi struktur dapat dihitung. Pemodelan dilakukan seperti Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Model *SeaStation* tipe *Solid* dalam SolidWorks

4.2.1.3. Surface Model 3D

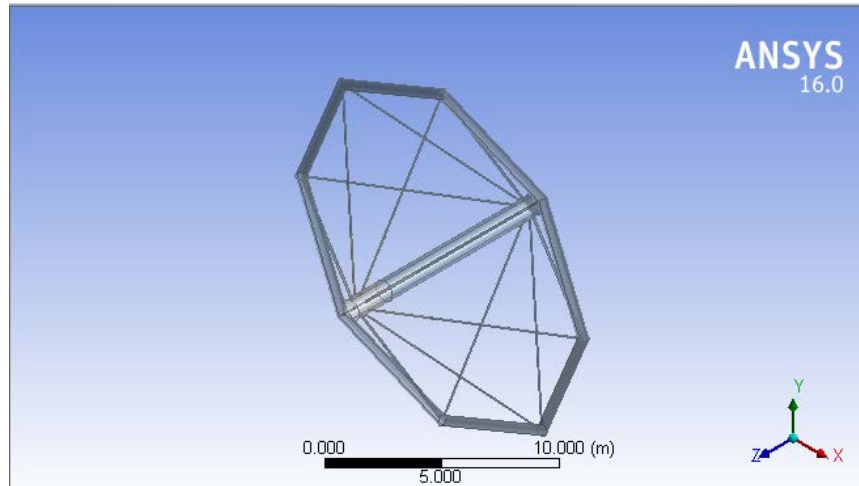
Dalam ANSYS Aqwa model harus di input dalam bentuk *surface* seperti dalam Gambar 4.4. Sehingga model harus dibuat kembali dalam bentuk *surface* agar dapat dianalisa pada ANSYS Aqwa. Untuk mempermudah pemodelan maka tentukan titik 0 sumbu x, y, dan z pada sarat air. *Draft* berjarak sedalam 9m. Tahap selanjutnya adalah export model dengan ekstensi .igs.



Gambar 4.4 Model *SeaStation* Tipe *Surface* dalam SolidWorks

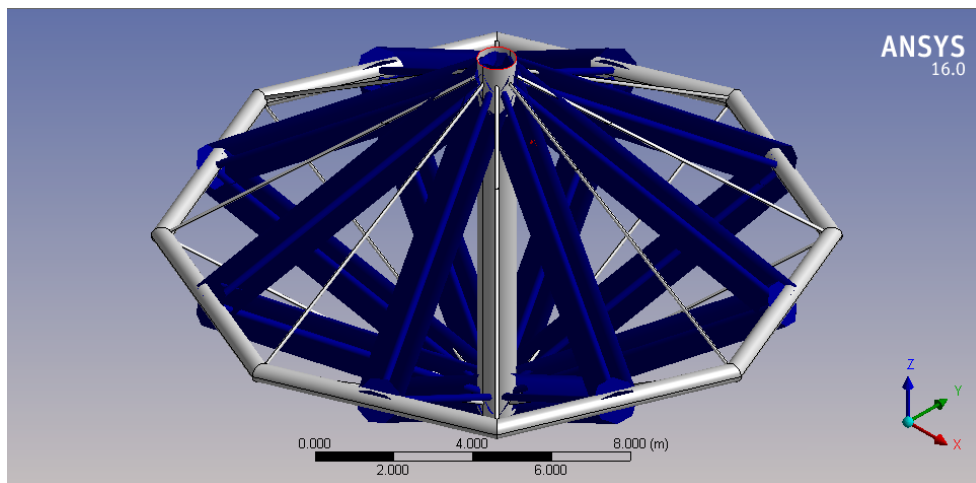
4.2.2. Pemodelan ANSYS Aqwa

Model kemudian di import ke perangkat lunak ANSYS Aqwa. Lalu pada titik 0 dilakukan slice sebagai penentu bagian sarat air. Maka geometri model akan terlihat seperti Gambar 4.5.

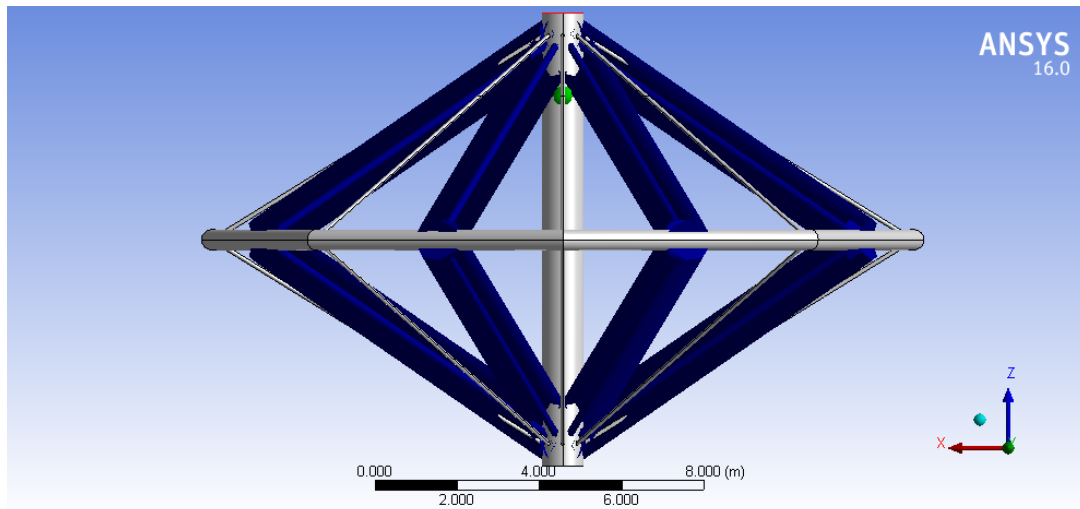


Gambar 4.5 Model *SeaStation* dalam ANSYS DesignModeler

Untuk mendapatkan model yang lebih representatif maka dilakukan pemodelan jaring sederhana dengan berat yang sama dengan berat sesungguhnya. Sehingga model struktur selesai seperti pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Tampak Isometri *SeaStation* dengan Sling Net pada ANSYS *Hydrodynamic Diffraction*



Gambar 4.7 Tampak Samping *SeaStation* dengan Sling Net pada ANSYS *Hydrodynamic Diffraction*

4.3. Pemodelan Konfigurasi *Mooring*

Konfigurasi *mooring* yang dilakukan dalam analisa tugas akhir ini terdapat 3 jenis yaitu *Rectangular Array*, *Linear Array*, dan *4 Points Mooring*. Ketiga konfigurasi sistem tambat tersebut dimodelkan dalam perangkat lunak ANSYS AQWA. Untuk mendapatkan hasil analisis yang dapat dibandingkan maka dimensi *mooring line* menggunakan property yang sama.

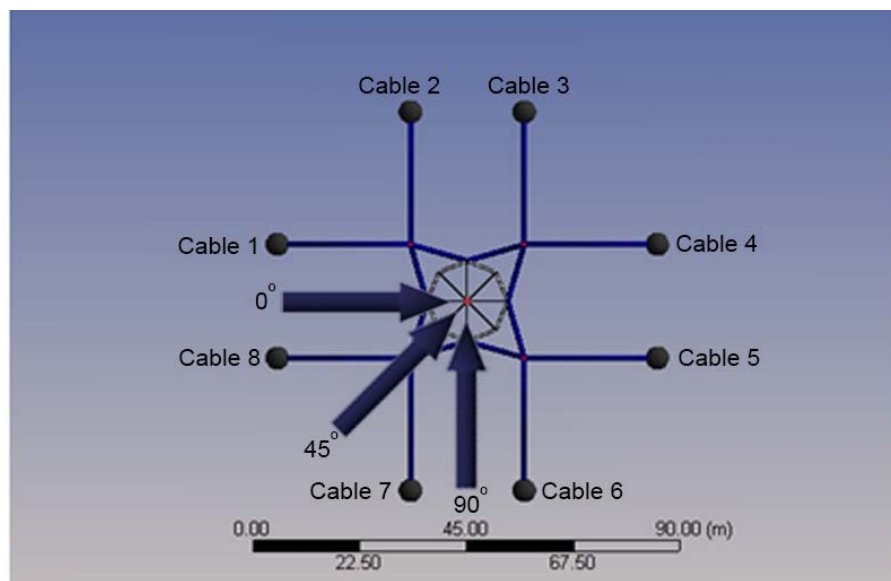
Jenis *mooring line* yang digunakan adalah tipe *Diamond Blue* dari Bridon dengan ukuran 52mm. Dalam ANSYS Aqwa perlu melakukan input manual karakteristik *mooring line* meliputi diameter, massa persatuan panjang, *Minimum Breaking Force* (MBF), axial stiffness, dan luas area melintang. Data tersebut terdapat dalam katalog milik Bridon dengan data seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Properti *Mooring Line* yang Digunakan

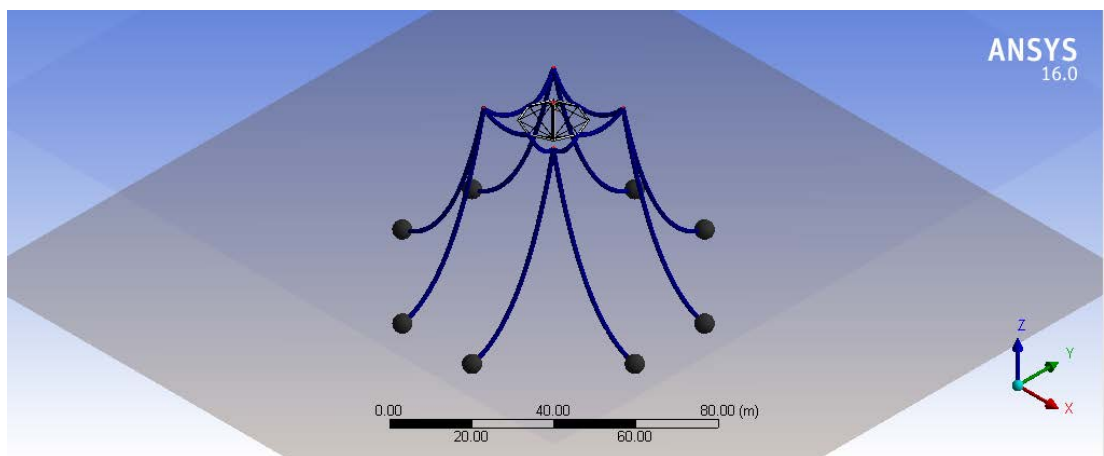
Diameter	Massa	MBF	<i>Axial Stiffness</i>	Luas Penampang Melintang
mm	kg/m	kN	MN	mm ²
52	11.5	2231	140	1338

4.3.1. Pemodelan *Mooring Rectangular Array*

Pemodelan konfigurasi sistem tambat *Rectangular Array* dibuat mengikuti bentuk acuan pada Gambar 2.6. Pada ujung *line* yang terhubung terhadap struktur dihubungkan pada 4 buah *bouy*. Dari *bouy* tersebut dibentangkan dengan 2 *mooring line* yang membentuk sudut 90° . Panjang *mooring line* dari *bouy* menuju titik jangkar adalah 53 m. Untuk lebih jelasnya dapat melihat tampak atas pada Gambar 4.8 dan tampak isometris pada Gambar 4.9.



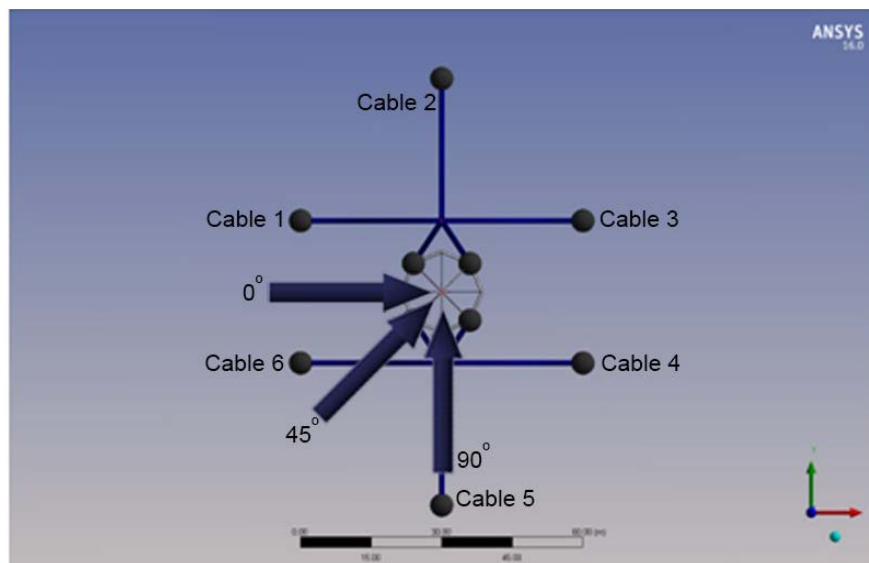
Gambar 4.8 Konfigurasi *Mooring Rectangular Array* Tampak Atas



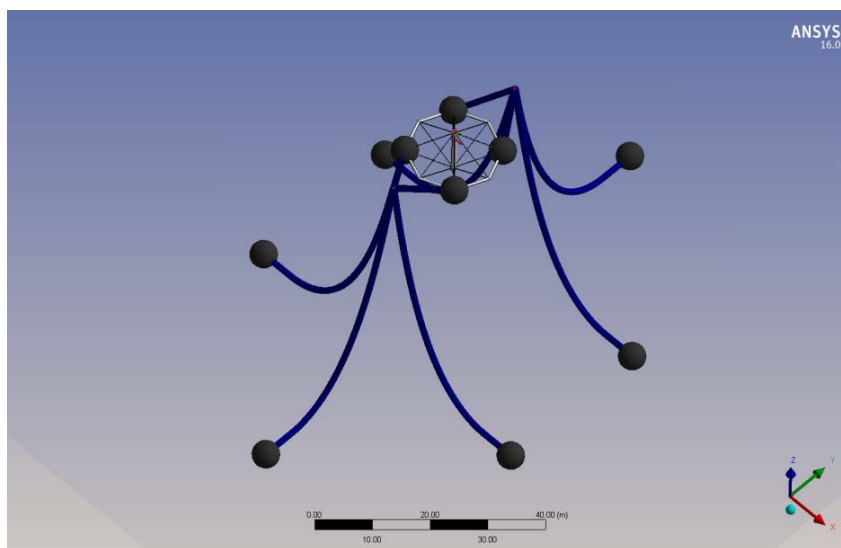
Gambar 4.9 Konfigurasi *Mooring Rectangular Array* Tampak Isometris

4.3.2. Pemodelan *Mooring Linear Array*

Konfigurasi *mooring* tipe *linear array* dilakukan menggunakan ANSYS AQWA sesuai dengan Gambar. Bouy diposisikan pada arah y positif dan y negatif sejauh 12 m. Dari kedua *bouy* tersebut *mooring line* dihubungkan ke 6 jangkar sesuai pada Gambar 4.10. Konfigurasi sistem *mooring* secara isometris dapat dilihat pada Gambar 4.11.



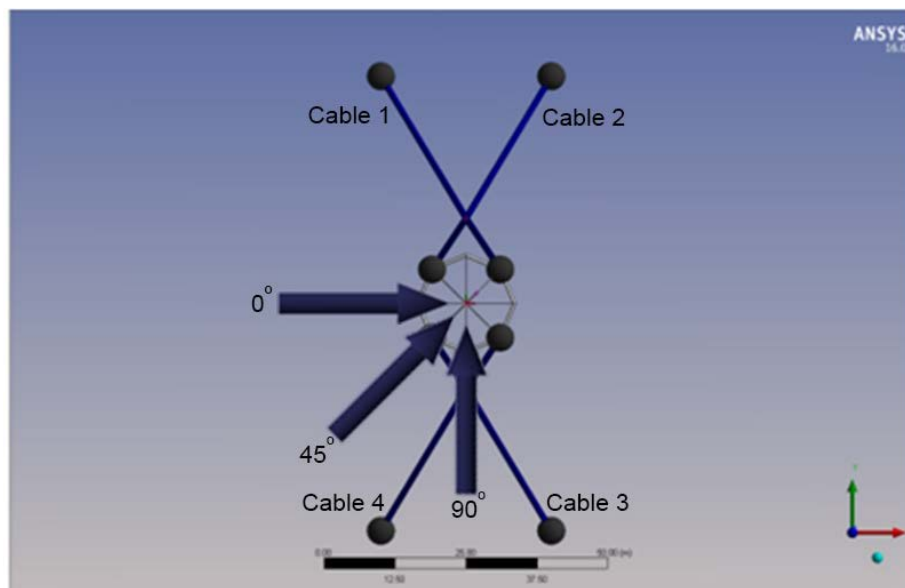
Gambar 4.10 Model dalam ANSYS Aqwa *Mooring Linear Array* Tampak Atas



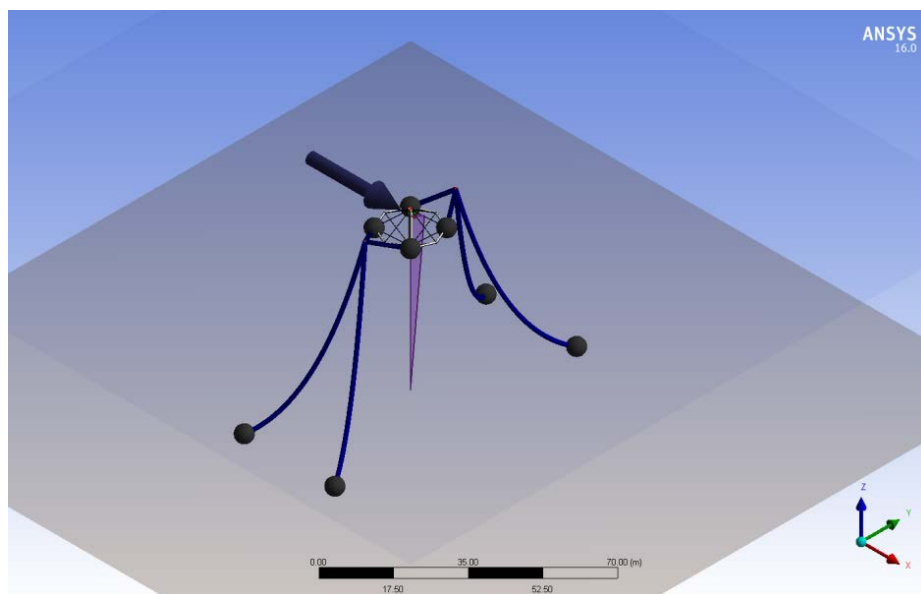
Gambar 4. 11 Model dalam ANSYS Aqwa *Mooring Linear Array* Tampak Isometris

4.3.3. Pemodelan *Mooring 4 Points Mooring*

Pemodelan untuk bentuk konfigurasi 4 *points mooring* dilakukan menggunakan 2 buah *bouy* di letakkan pada posisi y positif dan y negatif terhadap struktur sejauh 12 m dari titik koordinat 0,0,0 pada struktur. Bentuk konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 4.12 untuk tampak atas dan Gambar 4.13 untuk tampak isometris.



Gambar 4.12 Model dalam ANSYS Aqwa 4 *Points Mooring* Tampak Atas



Gambar 4.13 Model dalam ANSYS Aqwa 4 *Points Mooring* Tampak Isometris

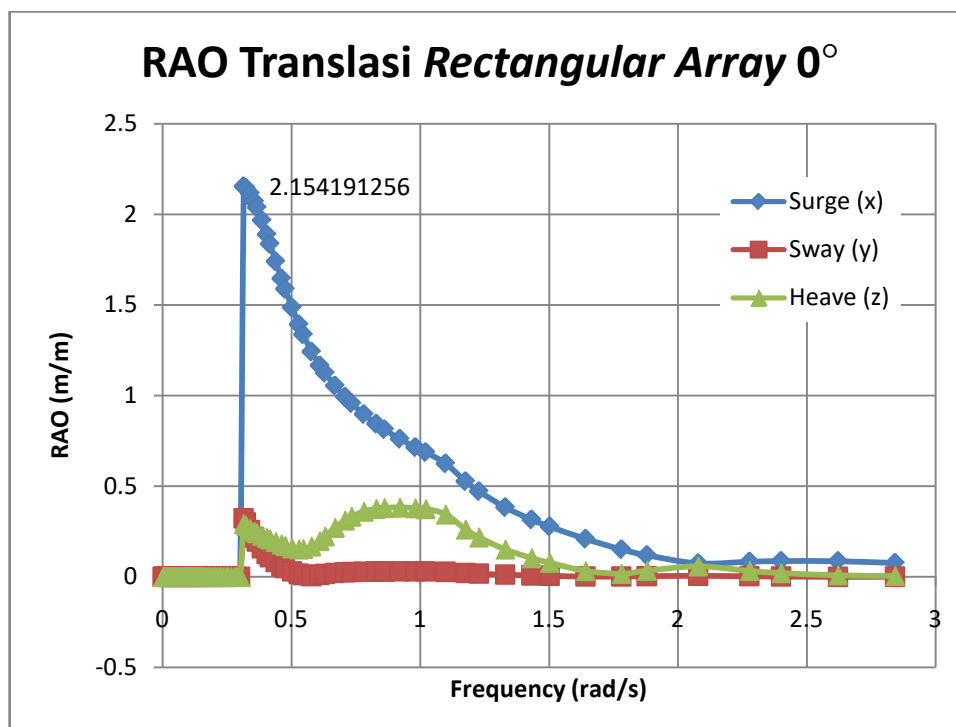
4.4. RAO Tertambat

Analisa *Response Amplitude Operator* (RAO) tertambat dari struktur *aquaculture* model *SeaStation* dilakukan Berikut adalah grafik RAO hasil analisa ANSYS Aqwa pada gerakan *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch*, *yaw* dengan *heading angel* 0° , 45° , dan 90° . RAO untuk struktur *aquaculture* model *SeaStation* kondisi tertambat dianalisa dengan tiga konfigurasi *mooring* pada kedalaman laut 50 m.

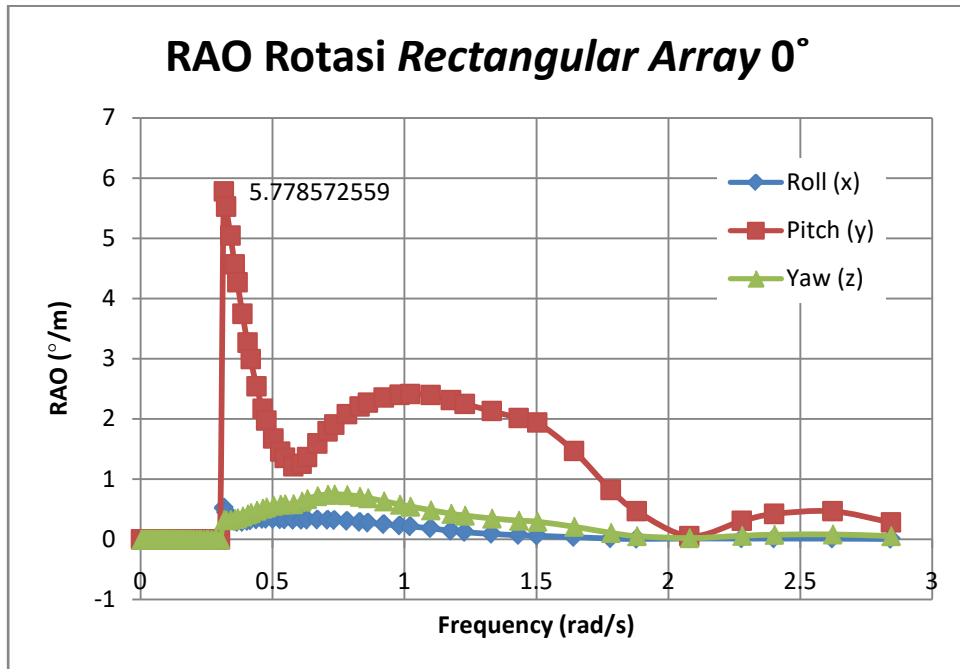
4.4.1. Konfigurasi *Rectangular Array*

- RAO Tambat *Rectangular Array* Arah 0°

RAO pada analisa gelombang arah 0° pada struktur tertambat konfigurasi *rectangular array* memiliki nilai gerak *Surge* terbesar 2,15. Gerak *Sway* dan *Heave* memiliki gerak dibawah 0,5. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Roll* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 5,78. Gambar grafik RAO translasional dapat dilihat pada Gambar 4.14. RAO rotasional grafiknya dapat dilihat dalam Gambar 4.15.



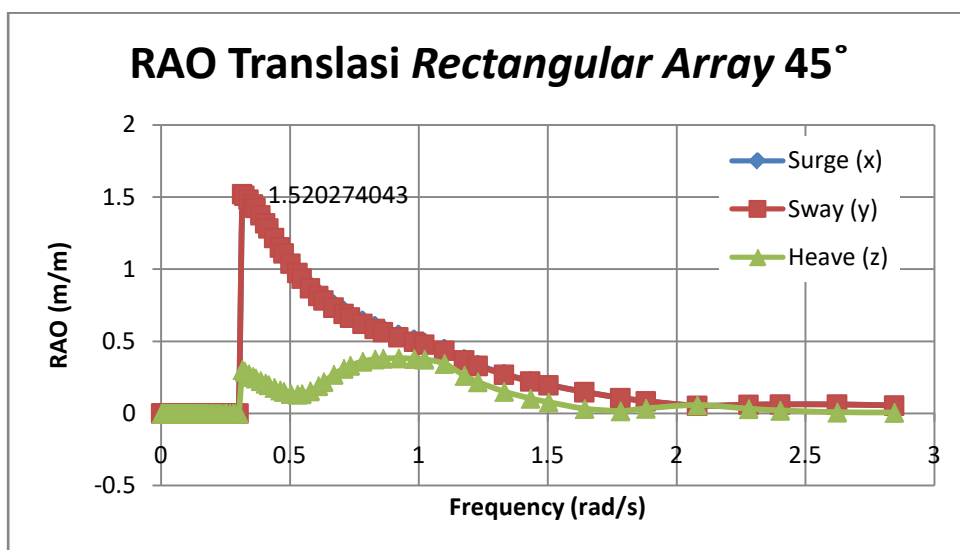
Gambar 4.14 RAO Translasi untuk konfigurasi *Rectangular Array* Arah 0°



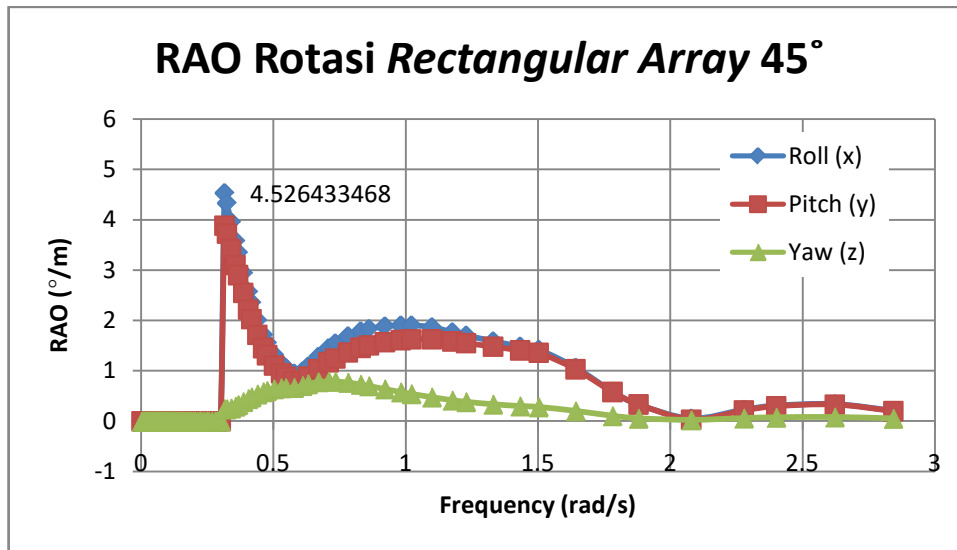
Gambar 4.15 Spektrum Response Rotasi untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 0°

- RAO Tambat *Rectangular Array* Arah 45°

RAO saat menerima gelombang arah 45° pada struktur tertambat konfigurasi *rectangular array* memiliki gerak *Sway* tertinggi yaitu 1,5. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Roll* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 4,5. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan 4.17.



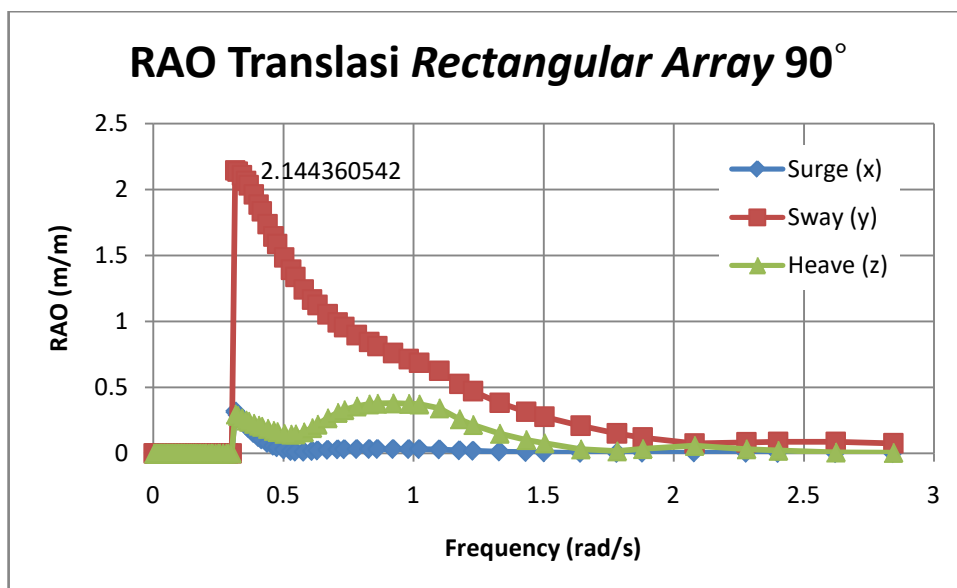
Gambar 4.16 Spektrum Response Translasi untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 45°



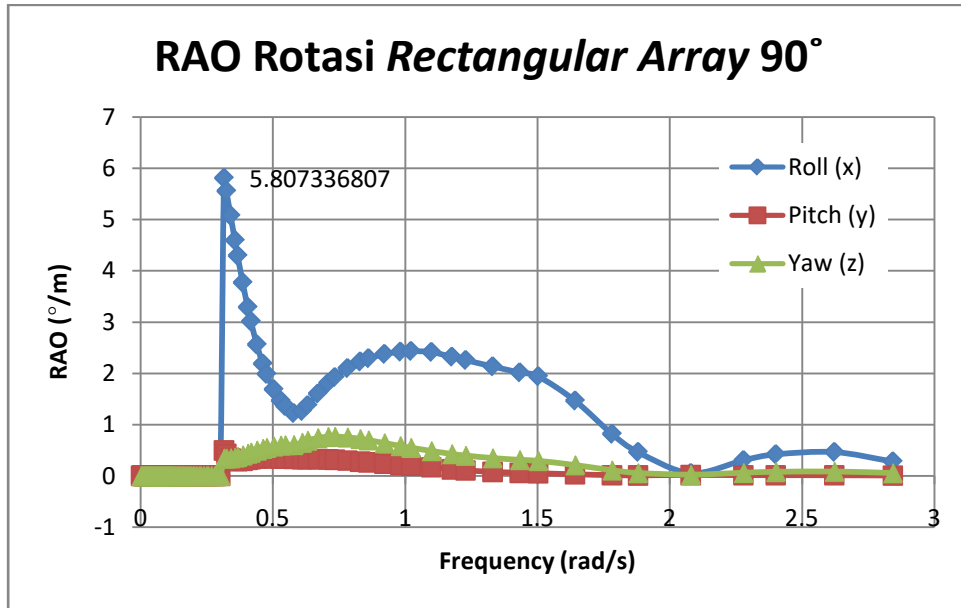
Gambar 4.17 Spektrum Response Rotasi untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 45°

- RAO Tambat *Rectangular Array* Arah 90°

RAO saat menerima gelombang arah 90° pada struktur tertambat konfigurasi *rectangular array* memiliki gerak *Sway* tertinggi yaitu 2,1. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Roll* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 5,8. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan 4.17.



Gambar 4.18 Spektrum Response Translasi untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 90°

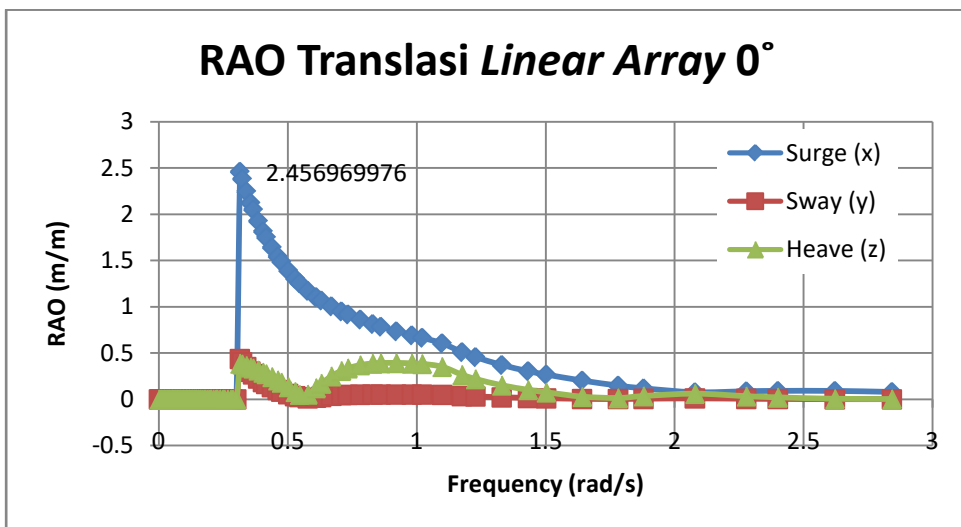


Gambar 4.19 RAO tertambat untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah arah 90°

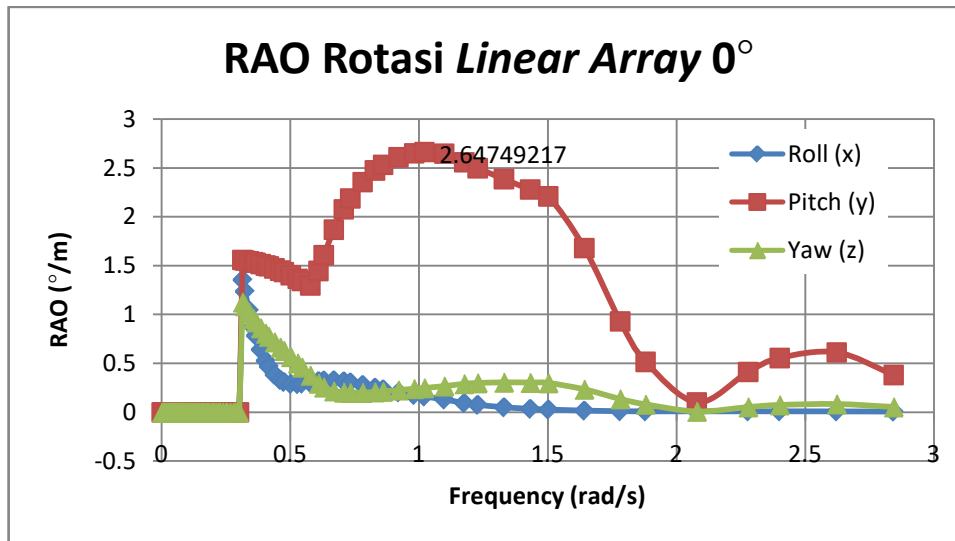
4.4.2. Konfigurasi *Linear Array*

- RAO Tambat *Linear Array* Arah 0°

RAO saat menerima gelombang arah 0° pada struktur tertambat konfigurasi *linear array* memiliki gerak *Sway* tertinggi yaitu 2,4. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Pitch* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 2,6. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.20 dan 4.21.



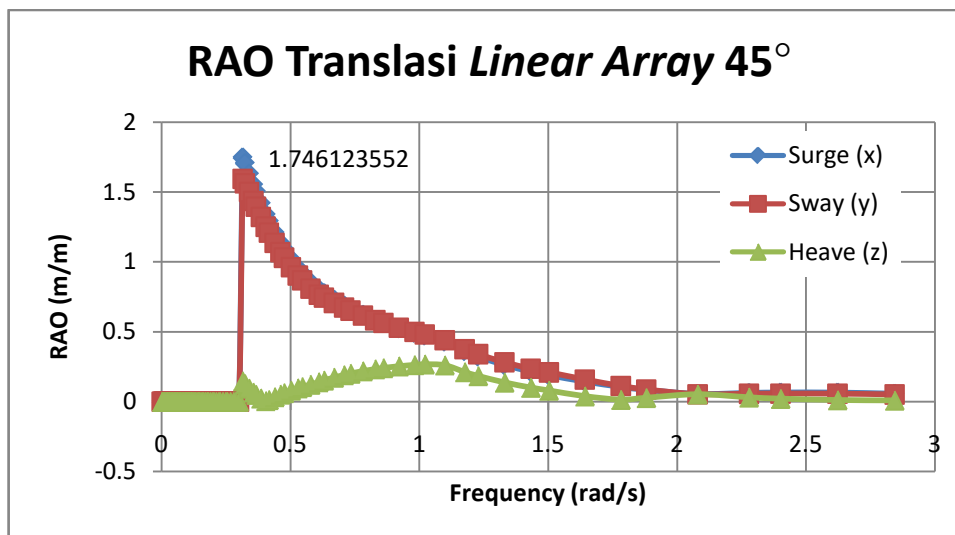
Gambar 4.20 RAO Tertambat untuk Konfigurasi *Linear Array* arah 0°



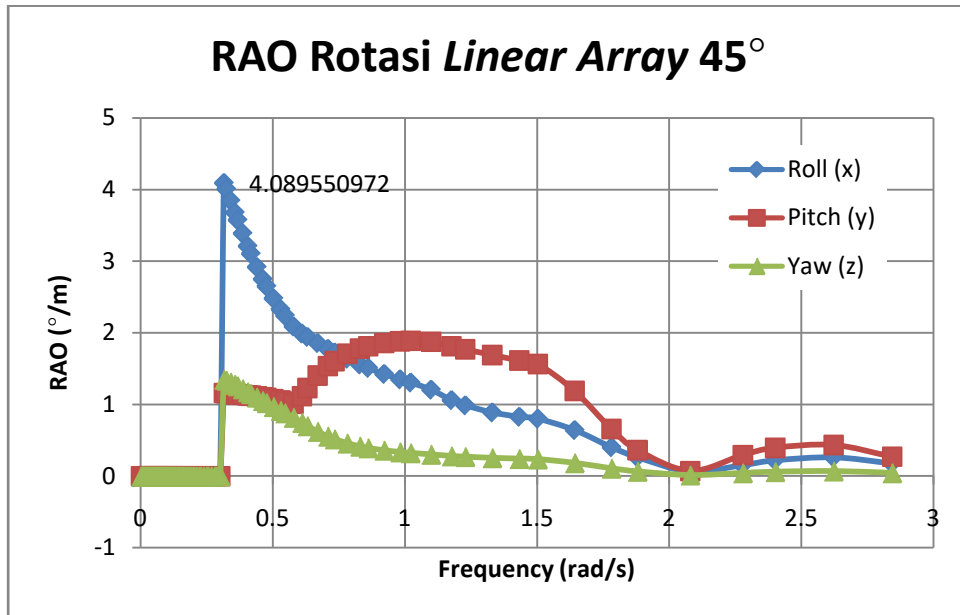
Gambar 4.21 RAO Tertambat untuk Konfigurasi *Linear Array* arah 0°

- RAO Tambat *Linear Array* Arah 45°

RAO saat menerima gelombang arah 45° pada struktur tertambat konfigurasi *linear array* memiliki gerak *Surge* tertinggi yaitu 1,7. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Roll* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 4,1. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan 4.23.



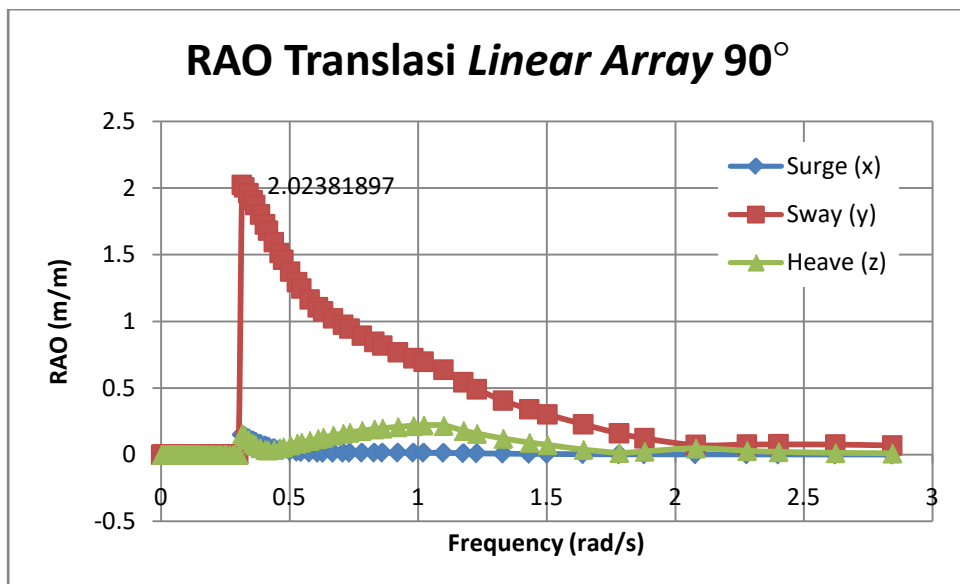
Gambar 4.22 RAO Tertambat untuk Konfigurasi *Linear Array* arah 45°



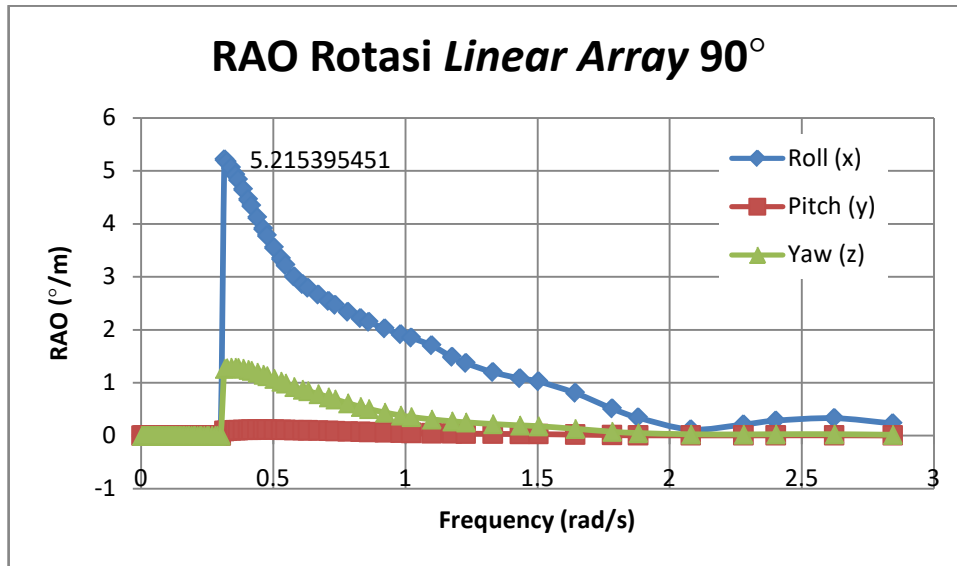
Gambar 4.23 RAO Tertambat untuk Konfigurasi *Linear Array* arah 45°

- RAO Tambat *Linear Array* Arah 90°

RAO saat menerima gelombang arah 90° pada struktur tertambat konfigurasi *linear array* memiliki gerak *Sway* tertinggi yaitu 2,02. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Roll* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 5,2. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan 4.25.



Gambar 4.24 RAO Tertambat untuk Konfigurasi *Linear Array* arah 90°

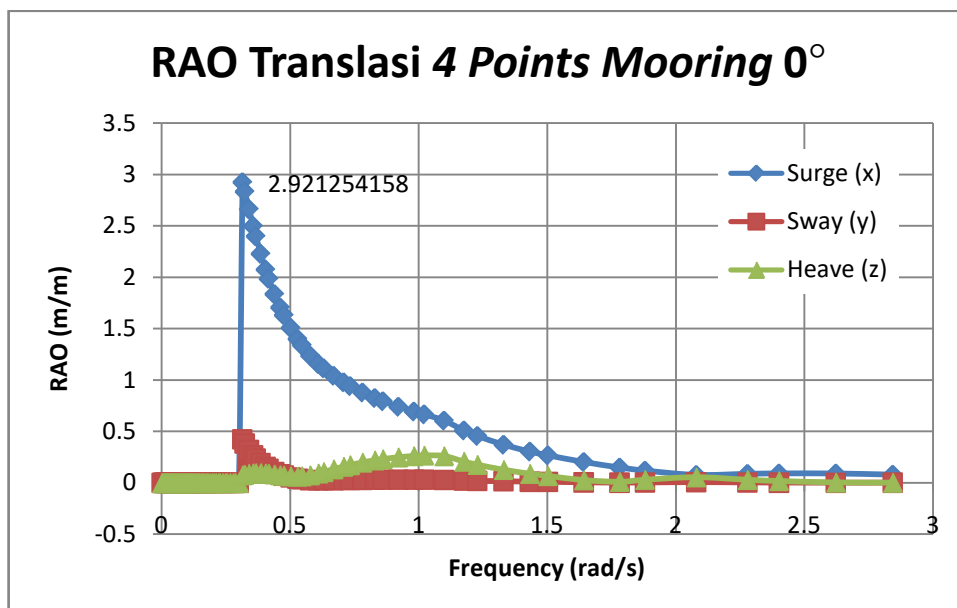


Gambar 4.25 RAO Tertambat untuk Konfigurasi *Linear Array* arah 90°

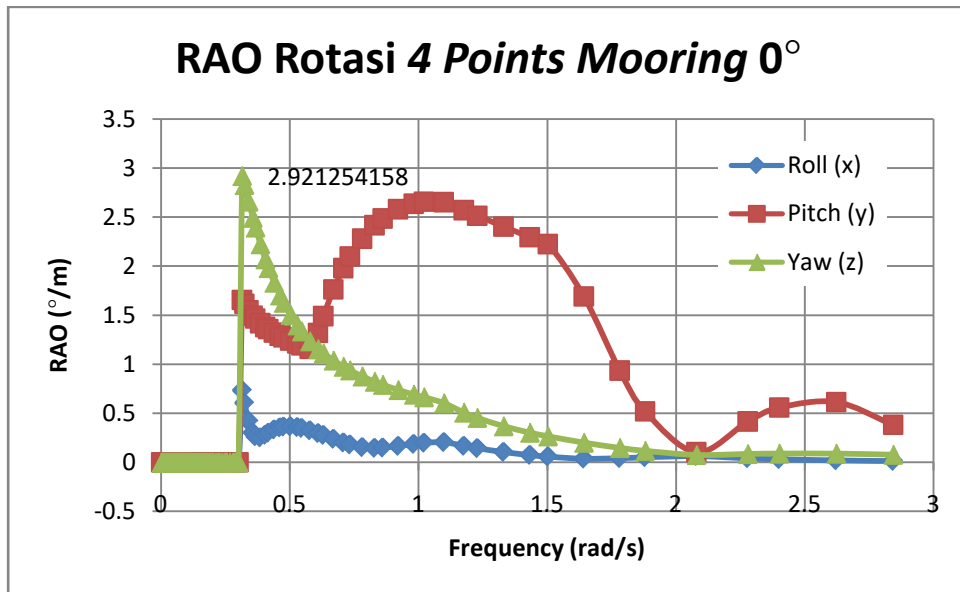
4.4.3. Konfigurasi 4 *Points Mooring*

- RAO Tambat 4 *Points Mooring* Arah 0°

RAO saat menerima gelombang arah 0° pada struktur tertambat konfigurasi 4 *points mooring* memiliki gerak *Surge* tertinggi yaitu 2,9. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Yaw* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 2,9. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan 4.25.



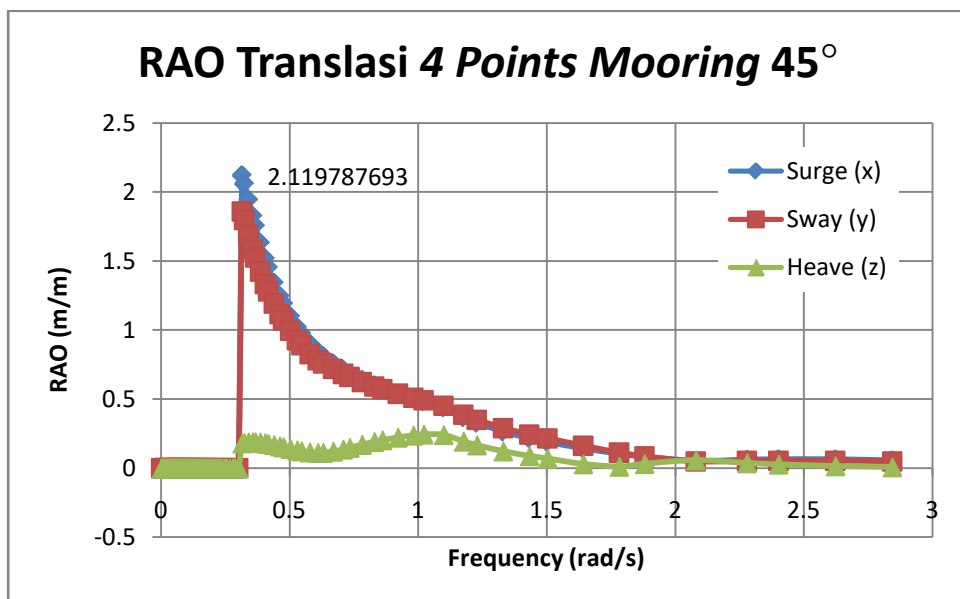
Gambar 4.26 RAO Tertambat untuk Konfigurasi 4 *Point Mooring* Arah 0°



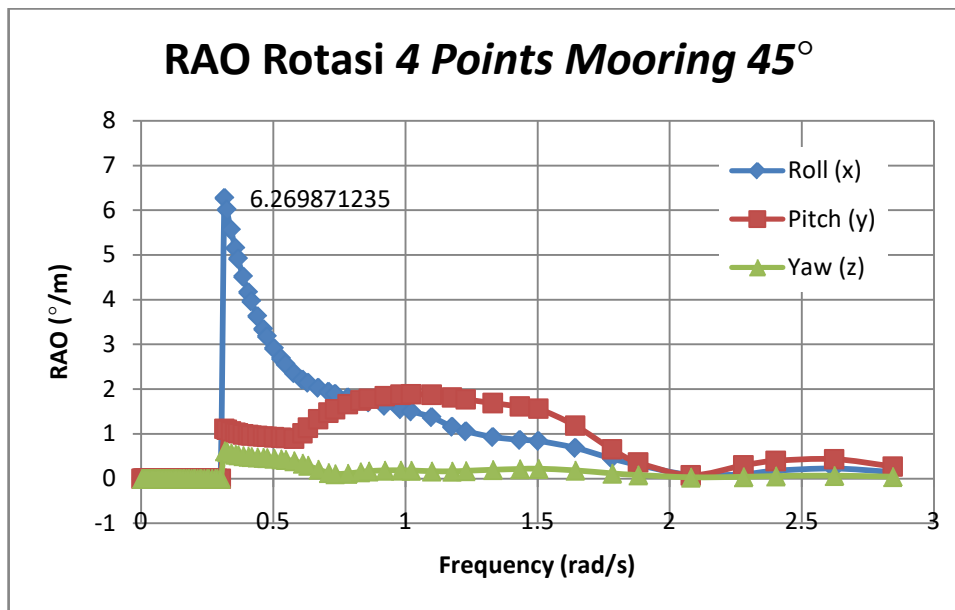
Gambar 4.27 RAO Tertambat untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 0°

- RAO Tambat 4 Points Mooring Arah 45°

RAO saat menerima gelombang arah 45° pada struktur tertambat konfigurasi 4 points mooring memiliki gerak Surge tertinggi yaitu 2,1. RAO rotasional terbesar adalah gerakan Roll dengan puncak tertinggi memiliki nilai 6,2. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan 4.25.



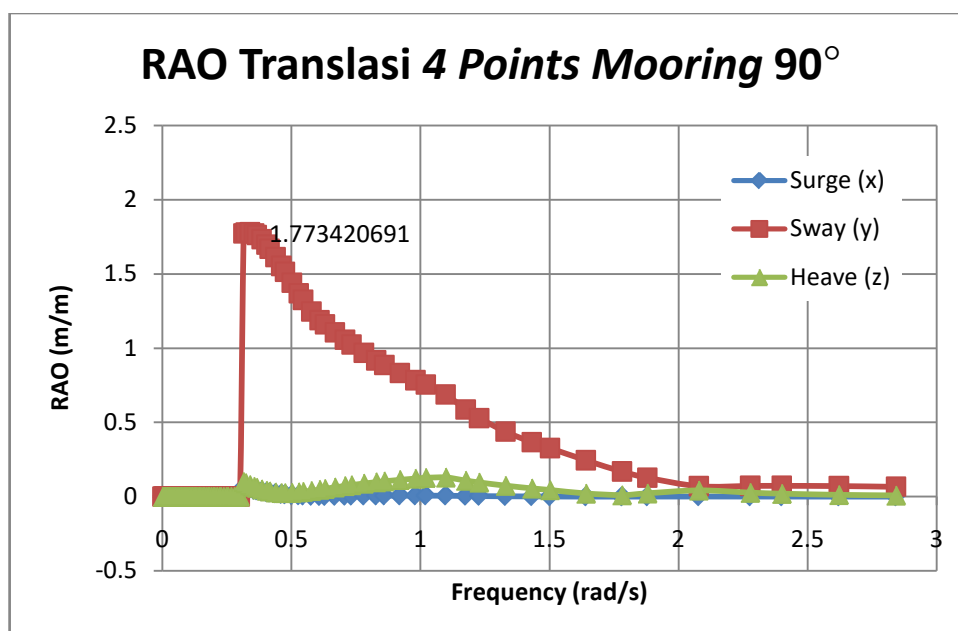
Gambar 4.28 RAO Tertambat untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 45°



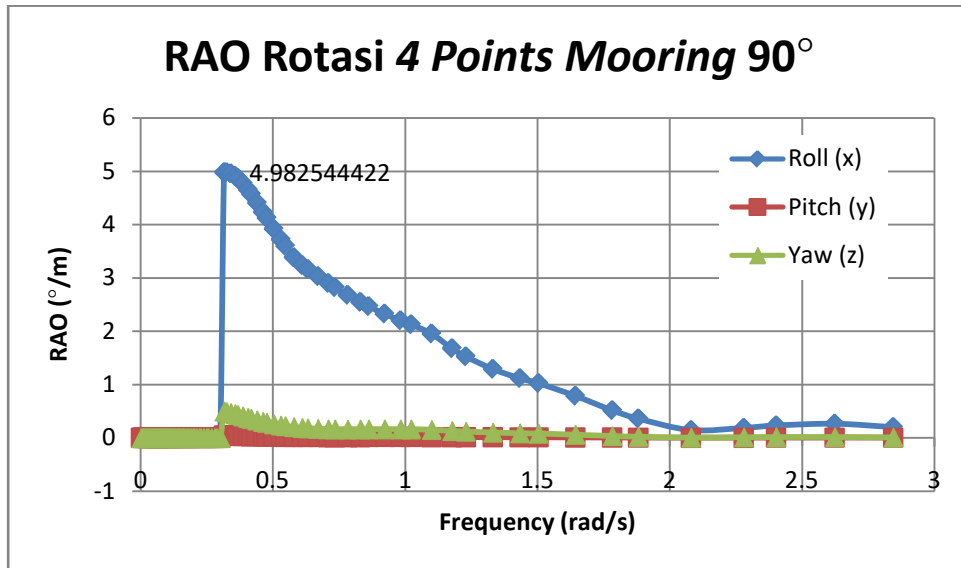
Gambar 4.29 RAO Tertambat untuk Konfigurasi 4 *Point Mooring* Arah 45°

- RAO Tambat 4 *Points Mooring* Arah 90°

RAO saat menerima gelombang arah 90° pada struktur tertambat konfigurasi 4 *points mooring* memiliki gerak *Sway* tertinggi yaitu 1,7. RAO rotasional terbesar adalah gerakan *Roll* dengan puncak tertinggi memiliki nilai 4,9. Gambar grafik RAO dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan 4.25.



Gambar 4.30 RAO Tertambat untuk Konfigurasi 4 *Point Mooring* Arah 90°

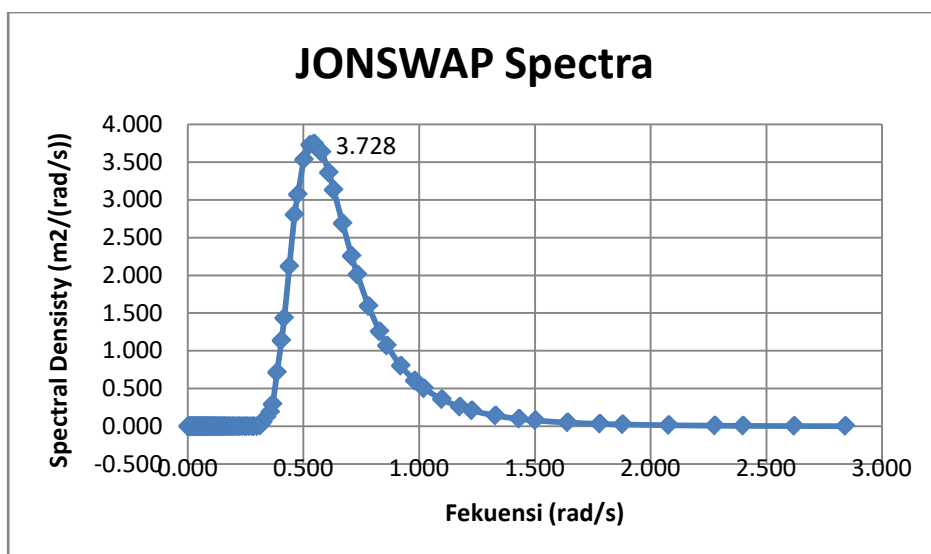


Gambar 4.31 RAO Tertambat untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 90°

4.5. Spektra Gelombang Irregular JONSWAP ANSYS AQWA

Dengan menggunakan data gelombang laut timor dari DNVGL OS-E301 dengan tinggi gelombang signifikan sebesar 4,8 m, dengan periode 11.5 s. Maka sesuai dengan DNVGL OS-E301 dapat dikalkulasikan perhitungan nilai faktor γ

yaitu 1, karena $\frac{T_p}{\sqrt{H_s}} = 5.249$. Maka grafik spektra gelombang JONSWAP-nya memiliki nilai spectral density tertinggi 3,728 $\text{m}^2/(\text{rad/s})$ pada frekuensi 0.52 rad/s seperti pada Gambar 4.33



Gambar 4.32 Spektra JONSWAP

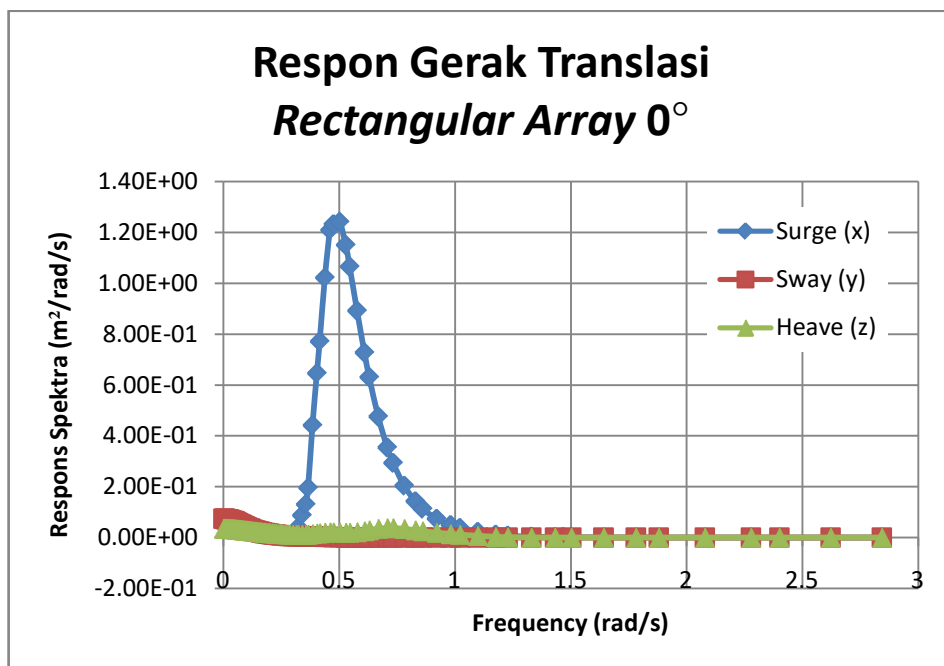
4.6. Spektra Respon Gerak Struktur Tertambat

Hasil RAO tertambat untuk mendapatkan spektrum respon gerak dari struktur *aquaculture* model *SeaStation* dikuadratkan dan dikalikan dengan spektrum gelombang. Tahap ini dilakukan untuk setiap kombinasi *heading* dengan jenis konfigurasi *mooring* sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut

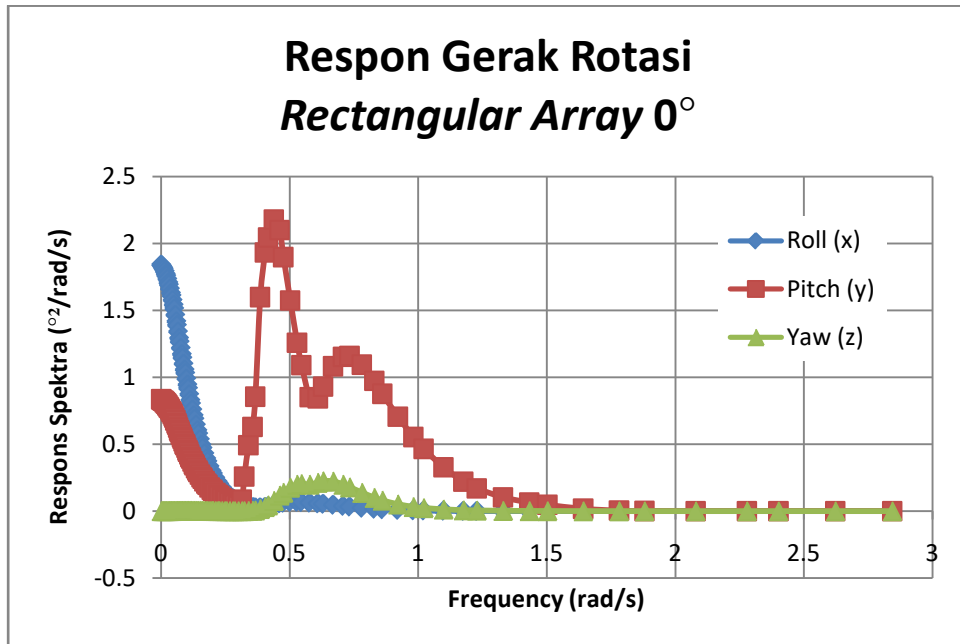
4.6.1. Konfigurasi *Rectangular Array*

- Respon Arah 0°

Respon gerak translasi terbesar terjadi pada gerakan Surge sebesar $1,23 \text{ m}^2/(\text{rad/s})$. Hal tersebut terjadi karena arah datangnya gelombang adalah dari arah 0° sehingga translasi terbesar terjadi pada sumbu x seperti dalam Gambar 4.33. Gerakan rotasional terbesar terjadi pada gerak pitch yaitu sebesar $2,37 \text{ }^\circ/(\text{rad/s})$ seperti pada Gambar 4.34.



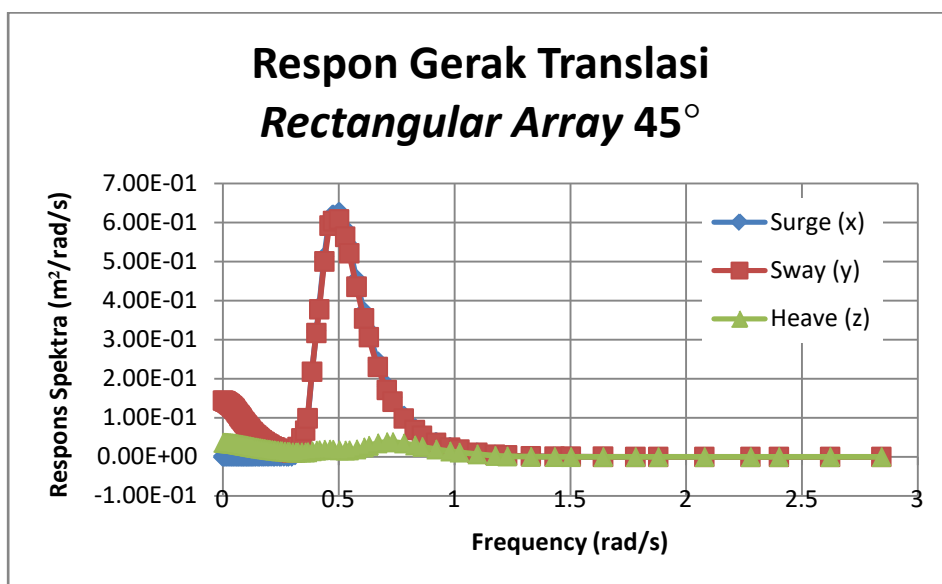
Gambar 4.33 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 0°



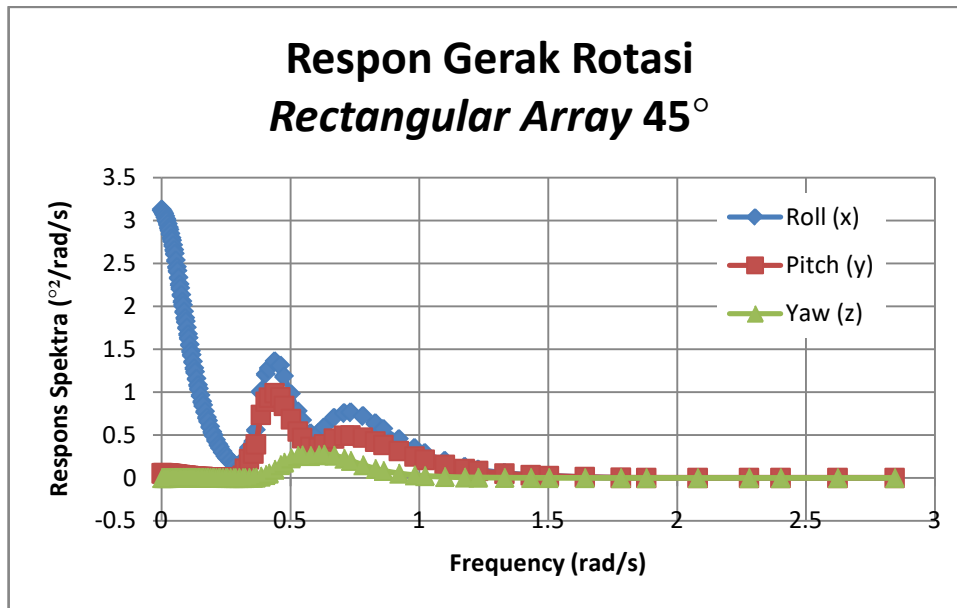
Gambar 4.34 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 0°

- Respon Arah 45°

Pada arah pembebanan gelombang 45° respon yang terjadi pada gerak translasi dan rotasi memiliki karakteristik yang identik terhadap gerakan sumbu x dan y. Pada gerak translasi surge dan sway memiliki nilai tertinggi $0,6 \text{ m}^2/(\text{rad/s})$. Pada respon gerak rotasi nilai terbesar terjadi pada roll dengan nilai tertinggi $1,3 \text{ }^{\circ 2}/(\text{rad/s})$. Hal tersebut sesuai dengan grafik 4.35 dan 4.36.



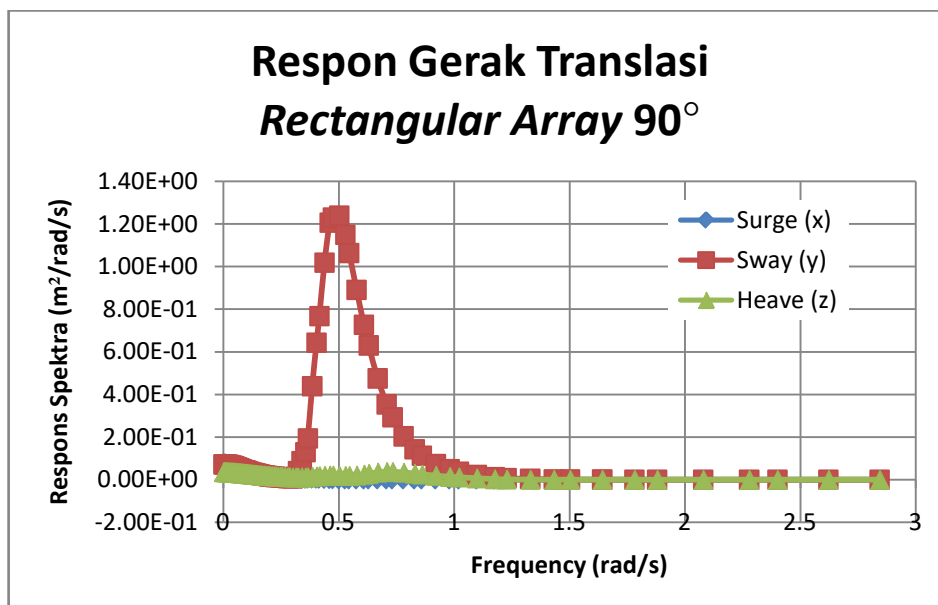
Gambar 4.35 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 45°



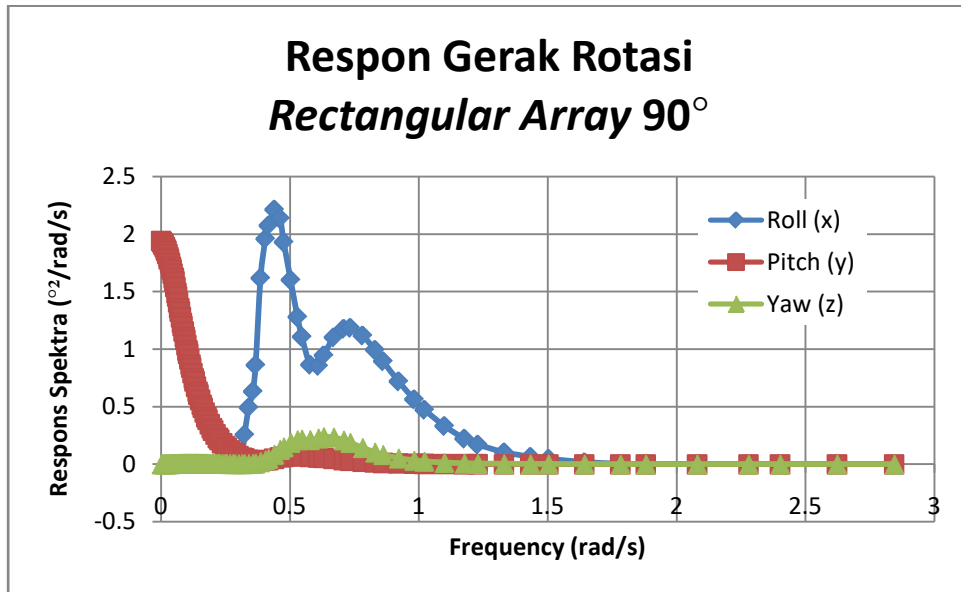
Gambar 4.36 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 45°

- Respon Arah 90°

Respon gerak translasi terbesar terjadi pada gerakan *Sway* sebesar $1,31 \text{ m}^2/(\text{rad/s})$. Hal tersebut terjadi karena arah datangnya gelombang adalah dari arah 90° sehingga translasi terbesar terjadi pada sumbu y seperti dalam Gambar 4.37. Gerakan rotasional terbesar terjadi pada gerak *Roll* yaitu sebesar $2,26 \text{ }^\circ/(\text{rad/s})$ seperti pada Gambar 4.38.



Gambar 4.37 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 90°



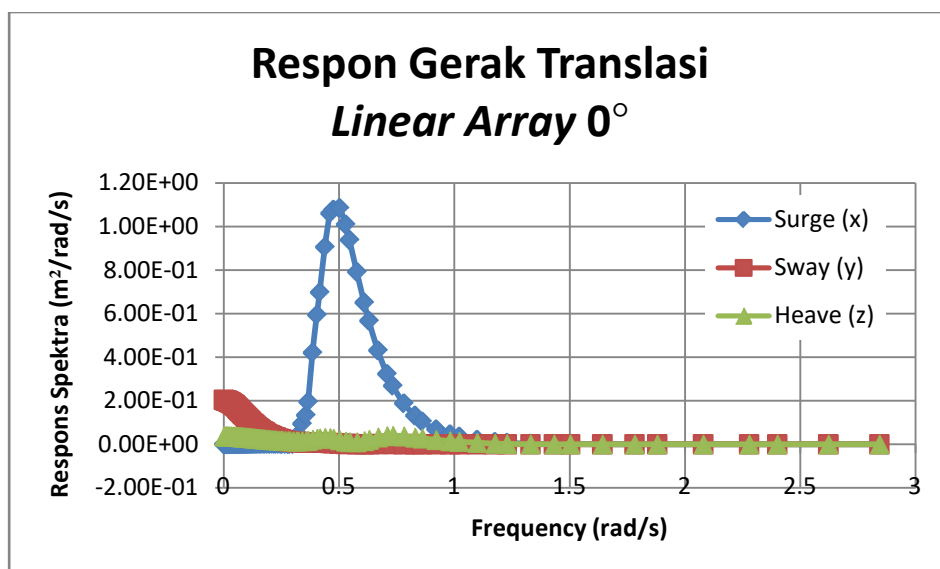
Gambar 4.38 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Rectangular Array* Arah 90°

4.6.2. Konfigurasi *Linear Array*

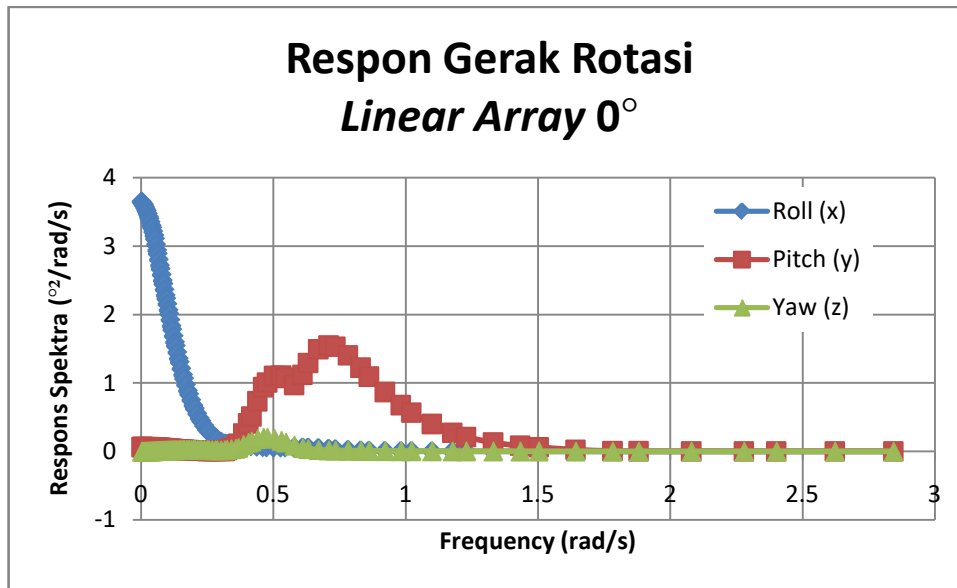
Berikut adalah respon gerakan yang terjadi pada konfigurasi mooring tipe linear array. Respon gerak ini terjadi dengan analisis spektral gelombang JONSWAP.

- Respon Arah 0°

Respon gerak translasi terbesar terjadi pada gerakan *Surge* sebesar 1,37 m²/(rad/s). seperti dalam Gambar 4.39. Gerakan rotasional terbesar terjadi pada gerak *Pitch* yaitu sebesar 1,6 °²/(rad/s) dan gerak *Roll* 3,6 °²/(rad/s) seperti pada Gambar 4.40.



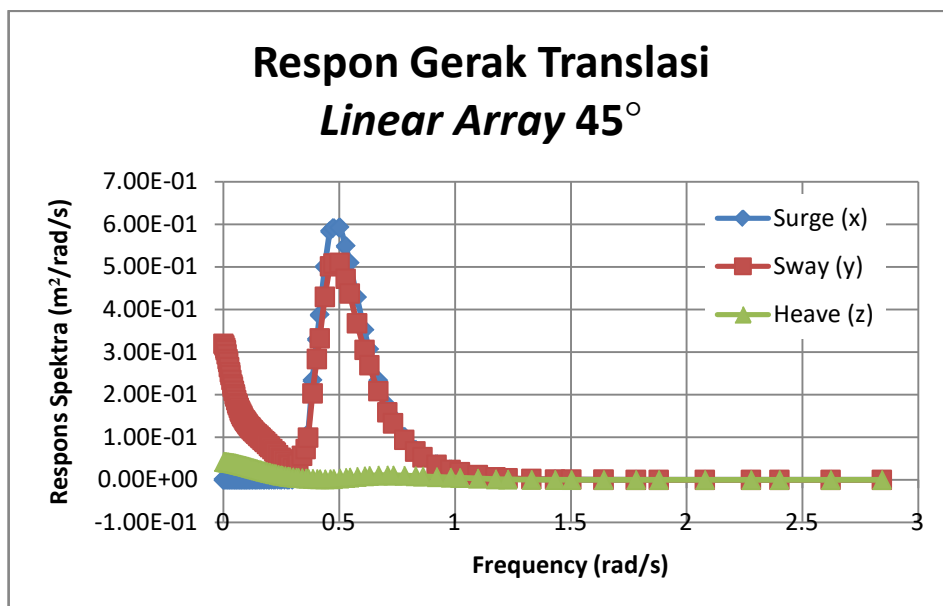
Gambar 4.39 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Linear Array* Arah 0°



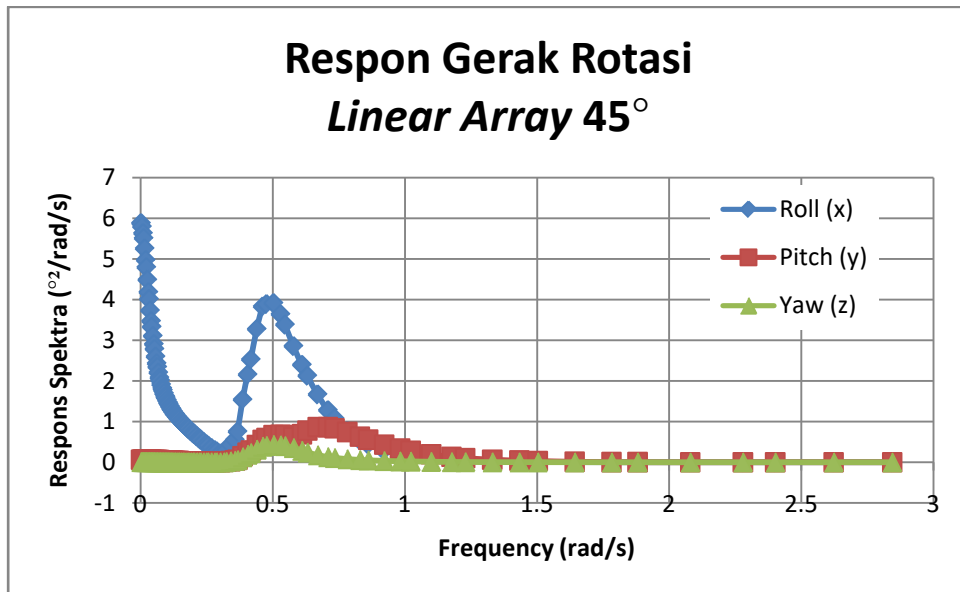
Gambar 4.40 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Linear Array* Arah 0°

- Respon Arah 45°

Pada arah pembebanan gelombang 45° respon yang terjadi pada gerak translasi dan rotasi memiliki karakteristik yang identik terhadap gerakan sumbu x dan y. Pada gerak translasi Surge memiliki nilai tertinggi 0,58 $\text{m}^2/(\text{rad/s})$. Pada respon gerak rotasi nilai terbesar terjadi pada Roll dengan nilai tertinggi 3,81 $\text{m}^2/(\text{rad/s})$. Hal tersebut sesuai dengan grafik 4.41 dan 4.42.



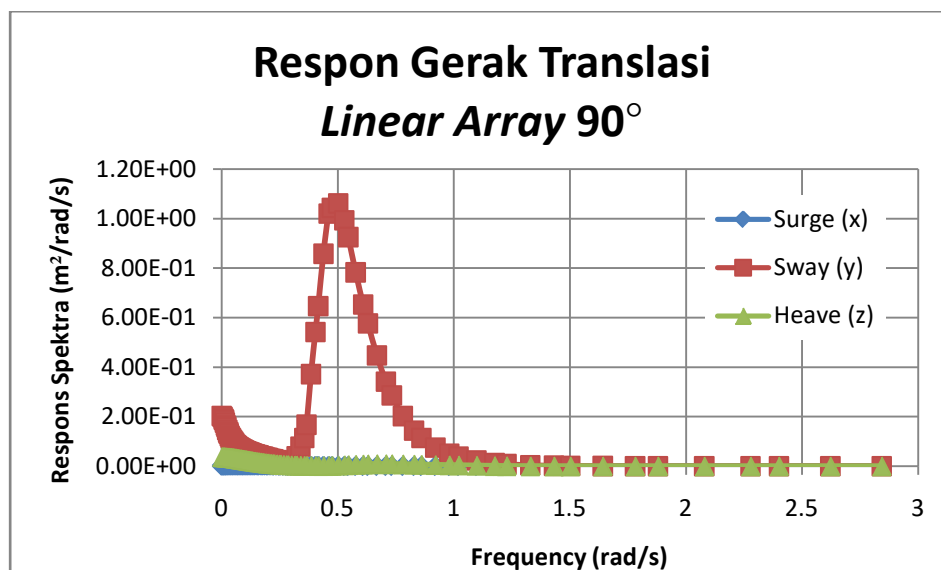
Gambar 4.41 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Linear Array* Arah 45°



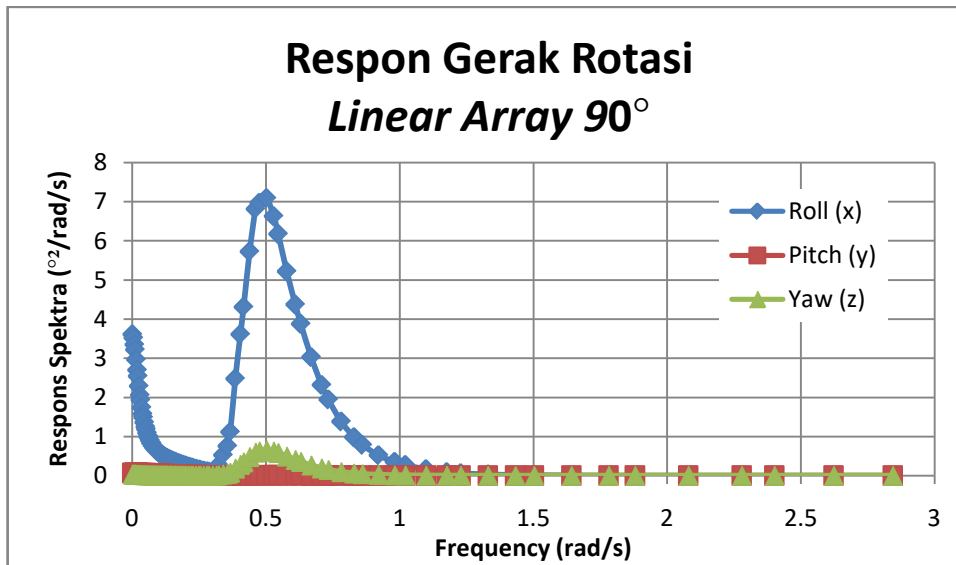
Gambar 4.42 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Linear Array* Arah 45°

- Respon Arah 90°

Respon gerak translasi terbesar terjadi pada gerakan *Sway* sebesar 1,08 $\text{m}^2/(\text{rad/s})$. Hal tersebut terjadi karena arah datangnya gelombang adalah dari arah 90° sehingga translasi terbesar terjadi pada sumbu y seperti dalam Gambar 4.43. Gerakan rotasional terbesar terjadi pada gerak *Roll* yaitu sebesar 7,1 $^{\circ 2}/(\text{rad/s})$ seperti pada Gambar 4.44.



Gambar 4.43 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Linear Array* Arah 90°



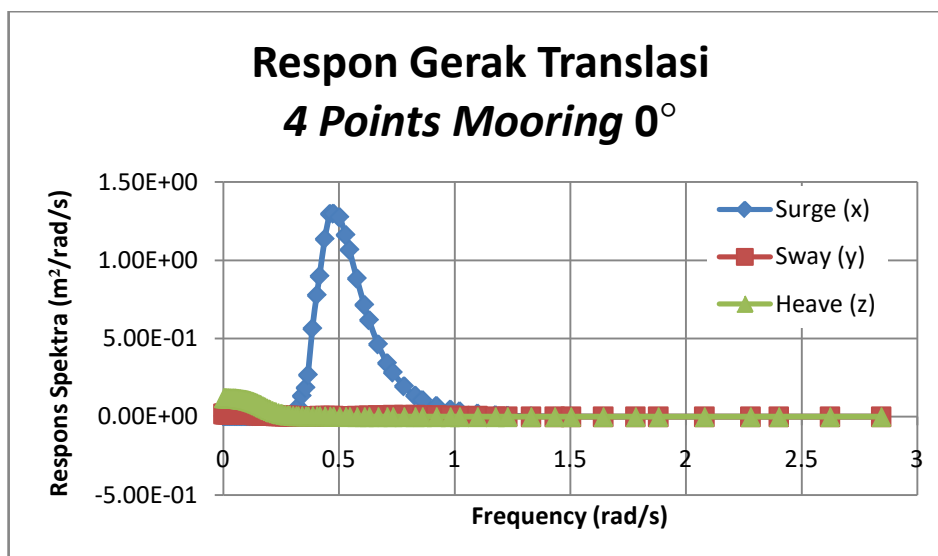
Gambar 4.44 Respon Spektra untuk Konfigurasi *Linear Array* Arah 90°

4.6.3. Konfigurasi 4 *Points Mooring*

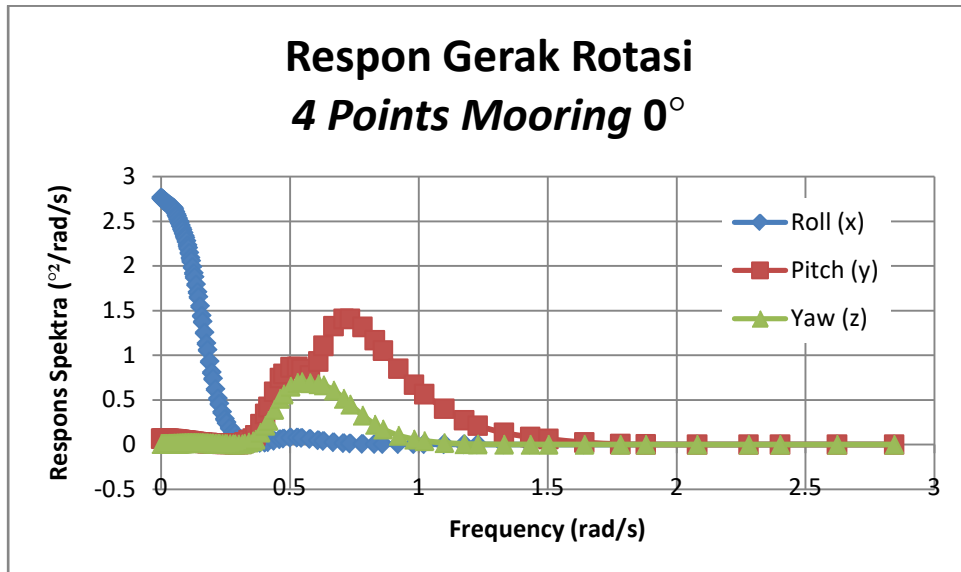
Spektra respon gerak dari konfigurasi tambat 4 points mooring dapat dilihat sesuai dengan Gambar 4.45 hingga Gambar 4.50.

- Respon Arah 0°

Respon gerak translasi terbesar terjadi pada gerakan *Surge* sebesar 1,41 m²/(rad/s). seperti dalam Gambar 4.45. Gerakan rotasional terbesar terjadi pada gerak *Pitch* yaitu sebesar 1,3 °²/(rad/s) dan gerak *Roll* 2,7 °²/(rad/s) seperti pada Gambar 4.46.



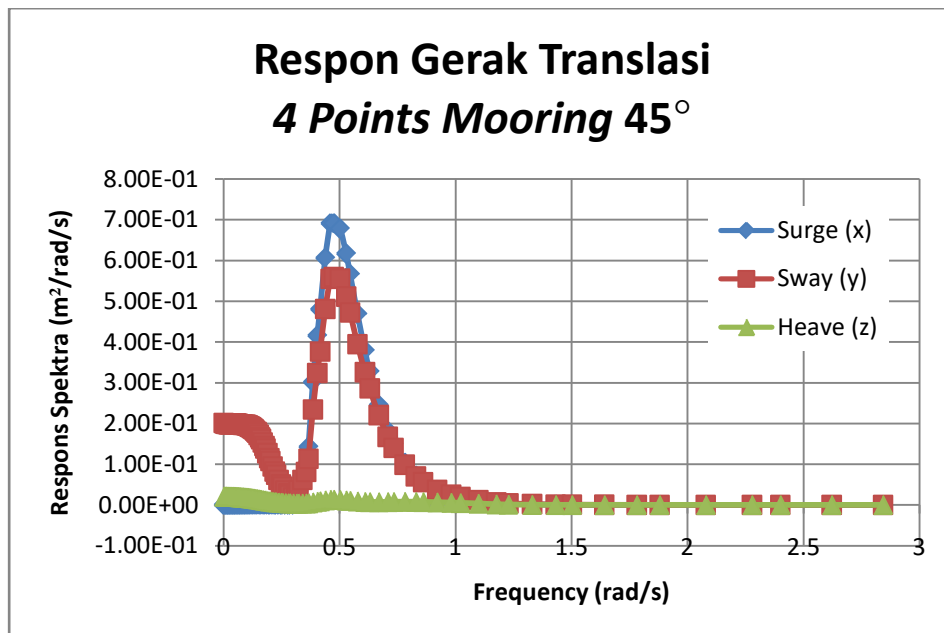
Gambar 4.45 Respon Spektra untuk Konfigurasi 4 *Point Mooring* Arah 0°



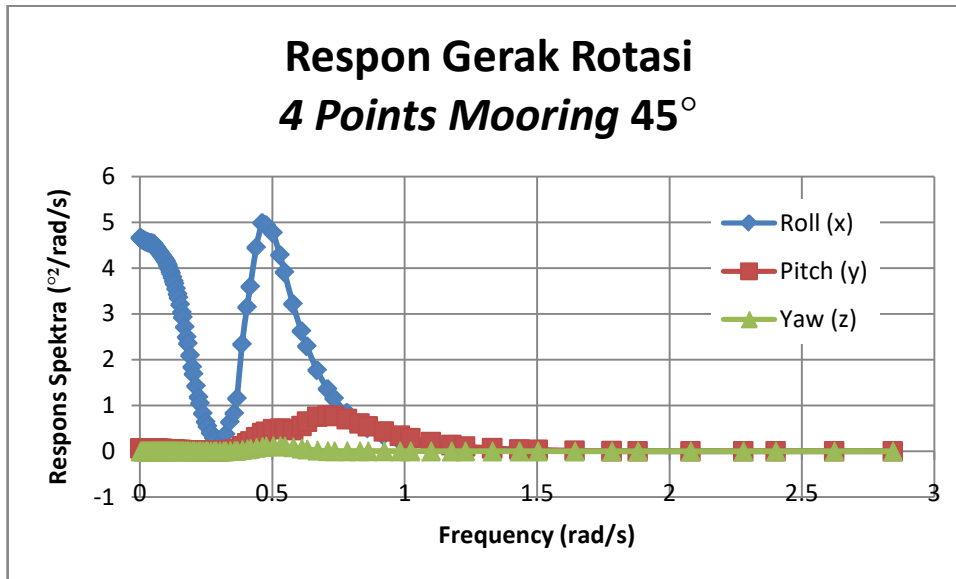
Gambar 4.46 Respon Spektra untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 0°

- Respon Arah 45°

Pada arah pembebanan gelombang 45° respon yang terjadi pada gerak translasi dan rotasi memiliki karakteristik yang identik terhadap gerakan sumbu x dan y. Pada gerak translasi Surge memiliki nilai tertinggi 0,67 m²/(rad/s). Pada respon gerak rotasi nilai terbesar terjadi pada Roll dengan nilai tertinggi 5,1 °²/(rad/s). Hal tersebut sesuai dengan grafik 4.47 dan 4.48.



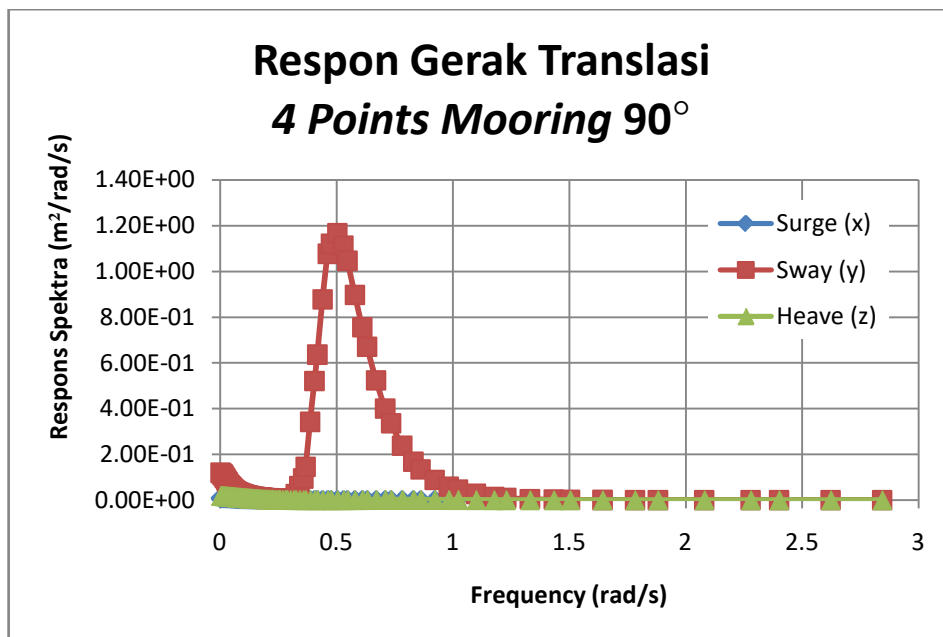
Gambar 4.47 Respon Spektra untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 45°



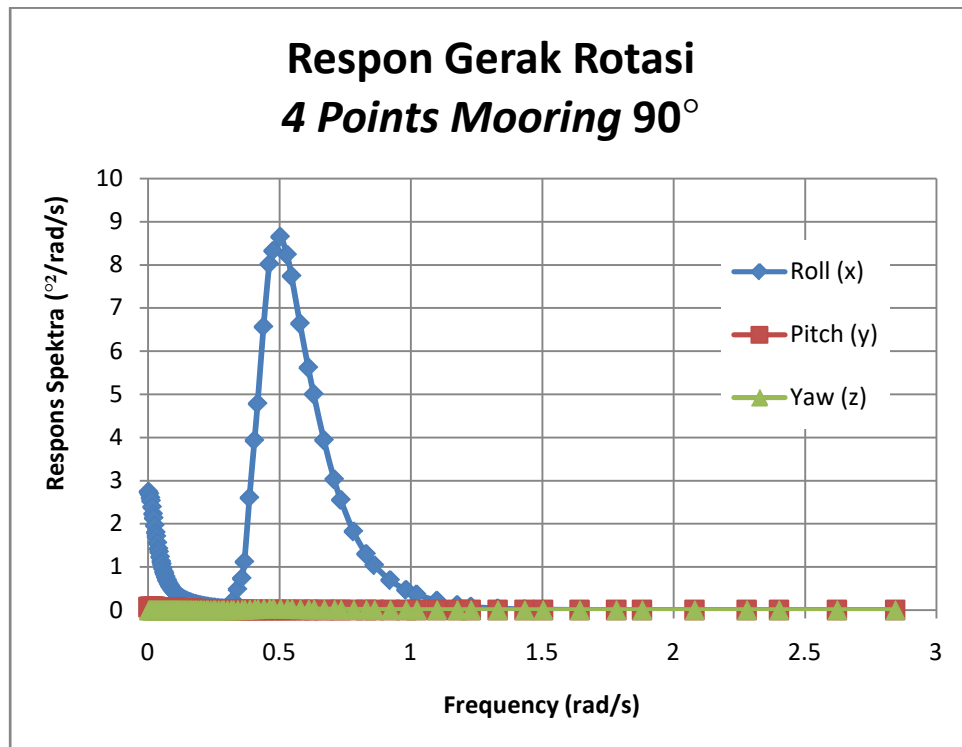
Gambar 4.48 Respon Spektra untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 45°

- Respon Arah 90°

Respon gerak translasi terbesar terjadi pada gerakan *Sway* sebesar 1,08 $\text{m}^2/(\text{rad/s})$. Hal tersebut terjadi karena arah datangnya gelombang adalah dari arah 90° sehingga translasi terbesar terjadi pada sumbu y seperti dalam Gambar 4.49. Gerakan rotasional terbesar terjadi pada gerak *Roll* yaitu sebesar 8,3 $^{\circ 2}/(\text{rad/s})$ seperti pada Gambar 4.50.



Gambar 4.49 Respon Spektra untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 90°



Gambar 4.50 Respon Spektra untuk Konfigurasi 4 Point Mooring Arah 90°

4.7. Analisa Offset dan Tension pada Mooring Line tiap Konfigurasi

Untuk mengetahui besarnya *offset* dan *tension* pada *mooring line* dilakukan *time domain analysis*. Analisis *time domain* ini dilakukan mulai detik 0 hingga 10800 atau selama tiga jam sesuai dengan rekomendasi DNVGL OS-E301. Analisa ini dilakukan satu persatu untuk masing-masing konfigurasi sistem tambat meliputi 4 *points mooring*, *rectangular array* dan *linear array*. Tiap konfigurasi sistem tambat tersebut dianalisa dengan satu struktur *aquaculture* model *SeaStation*.

4.7.1. Heading 0°

4.7.1.1. Offset

Analisa *offset* dilakukan untuk frekuensi gelombang, frekuensi rendah, dan posisi aktual. Hasil analisa dalam perangkat lunak ANSYS Aqwa didapatkan *offset* dari struktur dengan arah gelombang 0° seperti Tabel 4.4. Nilai *offset* terbesar terjadi pada konfigurasi 4 *points mooring*.

Tabel 4.4 *Offset Output ANSYS Aqwa*

	<i>Max Offset</i> (m)
<i>4 Points Mooring</i>	9.327
<i>Linear Array</i>	8.268
<i>Rectangular Array</i>	6.978

4.7.1.2. Tension

Tension pada *mooring line* untuk struktur *aquaculture* model *SeaStation* dianalisa untuk masing-masing *cable*. Luaran analisa ini adalah *tension* maksimum pada *heading* 0°. Hasil analisa *tension* dari ANSYS Aqwa dapat dilihat pada Tabel 4.5. *Tension* terbesar terjadi pada *Cable* 1 dalam konfigurasi *4 Points Mooring* sebesar 217 kN.

Tabel 4.5 *Tension Maksimum yang Terjadi pada Tiap Cable Heading 0°*

	<i>Max Tension Heading 0° (N)</i>							
	<i>Cable 1</i>	<i>Cable 2</i>	<i>Cable 3</i>	<i>Cable 4</i>	<i>Cable 5</i>	<i>Cable 6</i>	<i>Cable 7</i>	<i>Cable 8</i>
<i>4 Points Mooring</i>	14254	14048	16466	16108	-	-	-	-
<i>Linear Array</i>	217001	154686	49237	34909	137502	61578	-	-
<i>Rectangular Array</i>	94167	6837	9987	75045	8658	61167	14091	73750

4.7.2. Heading 45°**4.7.2.1. Offset**

Analisa *offset* dianalisa kembali menggunakan ANSYS Aqwa untuk setiap konfigurasi *mooring* dengan arah kombinasi gelombang datang dari arah 45°. Hasil *output* berupa posisi *offset* dari struktur *SeaStation* yang dianalisa seperti dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 *Offset Output ANSYS Aqwa Arah 45°*

	<i>Max Offset</i> (m)
4 Points Mooring	4.173
Linear Array	7.051
Rectangular Array	3.826

4.7.2.2.Tension

Analisa *tension* yang sebelumnya dilakukan untuk *mooring line* pada pembebanan dari arah *heading* 0° dilakukan kembali dengan arah *heading* 45°. Hasil analisa menggunakan perangkat lunak ANSYS Aqwa memperoleh hasil *tension* tiap *mooring cable* seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 *Tension Maksimum yang Terjadi pada Tiap Cable Heading 45°*

	<i>Max Tension Heading 45° (N)</i>							
	<i>Cable 1</i>	<i>Cable 2</i>	<i>Cable 3</i>	<i>Cable 4</i>	<i>Cable 5</i>	<i>Cable 6</i>	<i>Cable 7</i>	<i>Cable 8</i>
4 Points Mooring	32721	581579	20094	20834	-	-	-	-
Linear Array	29612	168121	105329	36821	105328	36820	-	-
Rectangular Array	979319	159781	9915	29587	24765	290606	33832	7601

4.7.3. Heading 90°**4.7.3.1.Offset**

Analisa *offset* dilakukan kembali untuk arah *heading* gelombang 90°. Semua konfigurasi *mooring* dianalisa sehingga mendapatkan hasil seperti Tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Offset Output ANSYS Aqwa Heading 90°*

	<i>Max Offset</i> (m)
4 Points Mooring	2.734
Linear Array	6.347
Rectangular Array	2.243

4.7.3.2.Tension

Arah pembebanan terakhir dilakukan dengan melakukan analisa tegangan tali pada *mooring line*. Sama seperti pada analisa sebelumnya analisa *tension* pada

mooring line dilakukan kembali untuk arah 90°. Sehingga memperoleh hasil seperti pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 *Tension* Maksimum yang Terjadi pada Tiap *Cable Heading* 90°

	<i>Max Tension Heading</i> 90° (N)							
	<i>Cable 1</i>	<i>Cable 2</i>	<i>Cable 3</i>	<i>Cable 4</i>	<i>Cable 5</i>	<i>Cable 6</i>	<i>cable 7</i>	<i>cable 8</i>
<i>4 Points Mooring</i>	1078513	615657	243679	363111	-	-	-	-
<i>Linear Array</i>	62699	139698	40872	59403	96706	57677	-	-
<i>Rectangular Array</i>	8973	70165	7071	40186	13893	69413	100238	7660

4.8. Analisa Perhitungan DNVGL OS-E301 kriteria ULS

Untuk kriteria ULS terdapat *safety factor* untuk *class* 1 dan *class* 2. Dalam analisa tegangan pada tugas akhir ini *class* yang digunakan adalah *class* 2 karena struktur *aquaculture* pada umumnya berdekatan terhadap keramba lain. Cek kekuatan tali tambat sesuai DNVGL OS-E301.

4.8.1. Hasil Faktor Keselamatan Konfigurasi *Rectangular Array*

Analisa tiap *cable* dengan memperhitungkan perbandingan antara kekuatan *mooring line* dengan *tension* yang terjadi menghasilkan nilai *u* seperti Tabel 4.10 di bawah ini. Nilai maksimum faktor *u* untuk konfigurasi *rectangular array* sebesar 0.851 pada *cable* 1.

Tabel 4.10 Nilai Faktor *u* Tiap *Mooring Line* Konfigurasi *Rectangular Array*

	<i>u</i>
<i>Cable 1</i>	0.851
<i>Cable 2</i>	0.132
<i>Cable 3</i>	0.06
<i>Cable 4</i>	0.058
<i>Cable 5</i>	0.019
<i>Cable 6</i>	0.242
<i>Cable 7</i>	0.083
<i>Cable 8</i>	0.063

4.8.2. Hasil Faktor Keselamatan Konfigurasi *Linear Array*

Analisa tiap *cable* dengan memperhitungkan perbandingan antara kekuatan *mooring line* dengan *tension* yang terjadi menghasilkan nilai u seperti Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Nilai Faktor u tiap *Mooring Line* pada Konfigurasi *Linear Array*

	u
<i>Cable 1</i>	0.181
<i>Cable 2</i>	0.116
<i>Cable 3</i>	0.083
<i>Cable 4</i>	0.044
<i>Cable 5</i>	0.099
<i>Cable 6</i>	0.044

4.8.3. Hasil Faktor Keselamatan Konfigurasi 4 *Points Mooring*

Analisa tiap *cable* dengan memperhitungkan perbandingan antara kekuatan *mooring line* dengan *tension* yang terjadi menghasilkan nilai u seperti Tabel 4.12. Perhitungna nilai u dibawah ini dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.12 Nilai Faktor u Tiap *Mooring Line* pada Konfigurasi 4 *Points Mooring*

	u
<i>Cable 1</i>	0.945
<i>Cable 2</i>	0.477
<i>Cable 3</i>	0.211
<i>Cable 4</i>	0.316

4.9. Panjang Total *Mooring Line*

Dalam menentukan konfigurasi yang paling baik untuk diterapkan maka faktor ekonomis juga perlu dipertimbangkan. Pada Tugas Akhir ini penulis mempertimbangkan faktor panjang yang berbanding lurus dengan harga *mooring line*. Panjang total *mooring cable* tiap konfigurasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Total *Mooring Cable* yang Digunakan Tiap Konfigurasi

	Panjang Satu Cable (m)	Jumlah Cable	Panjang Total Cable (m)
<i>Rectangular Array</i>	56	8	448
<i>Linear Array</i>	59	6	354
<i>4 Points Mooring</i>	59	4	236

4.10. Penentuan Konfigurasi Paling Efisien

Dari hasil analisa Tugas Akhir ini secara keseluruhan maka dapat disederhanakan dalam pemilihan konfigurasi yang paling efektif. Dalam menentukan efektif tidaknya suatu sitem tambat pada tugas akhir ini diambil beberapa parameter yaitu *offset*, *tension*, panjang kabel dannilai faktor keselamatan DNVGL OS-E301. Nilai terbaik dari tiap parameter terdapat dalam kotak hijau dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perbandingan Konfigurasi *Mooring* Paling Efektif

	<i>Offset Max</i> (m)	<i>Tension Max</i> (N)	Panjang Total Cable (m)	Faktor Keselamatan <i>u</i>
<i>Rectangular Array</i>	6.978	979319.3	448	0.851
<i>Linear Array</i>	8.268	217001.3	354	0.181
<i>4 Points Mooring</i>	9.327	1078513.8	236	0.945
Unggul	<i>Rectangular Array</i>	<i>Linear Array</i>	<i>4 Points Mooring</i>	<i>Linear Array</i>

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pengerjaan Tugas Akhir perancangan konfigurasi *mooring* untuk struktur *aquaculture* model *SeaStation* untuk laut lepas di Indonesia ini dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Konfigurasi *4 points mooring* paling besar mengalami *tension mooring line* paling besar yaitu 1078 kN. Pada konfigurasi linear array tension mooring line terbesar 217 kN. Untuk konfigurasi rectangular array tension terbesar terjadi sebesar 979 kN.
2. *Offset* maksimum yang terjadi pada konfigurasi *4 points mooring* sebesar 9,3 m, sedangkan pada linear array mooring terjadi offset sebesar 8,3 m. Pada konfigurasi rectangular array offset terbesar yaitu 6,9 m.
3. Konfigurasi terbaik adalah *linear array* dengan *tension cable* terbesar 217 kN dan memiliki faktor keselamatan *u* berdasarkan DNVGL OS-E301 terbesar 0.181.

5.2. Saran

Beberapa saran yang diajukan oleh penulis untuk penelitian lebih lanjut antara lain :

1. Analisa menggunakan perangkat lunak dalam analisa yang mampu memodelkan jaring secara khusus.
2. Menganalisa kekuatan sistem tambat pada sistem *aquaculture* yang lebih kompleks dengan jumlah *cage* lebih dari satu.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Bardach, J.E., J.H. Ryther and W.O. McLarney. 1972. *Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organisms*. Wiley-Interscience: New York.
- Barrington,K., Chopin, T. Dan Robinson, S. 2009. *Integrated multi-tropic aquaculture IMTA in marine temperate waters*. In D. Soto(ed.). Rome, FAO.pp. 7-46
- Benetti, D. D. 2010. *Site Selection Criteria for Open Ocean Aquaculture*. The Marine Technology Society Journal. Sustainable U.S. Marine Aquaculture Expansion in the 21st Century.
- Cages Tension Leg Cage Design*. (n.d.). diakses dari http://www.refamed.com/gabbie_mare/tlc_system.html (21 Februari 2017)
- De Cew, Judson et al. 2012. *Assessment of a Mooring System for Offshore Aquaculture*. *World Aqua Culture Society*. Baton Rouge, LA, USA.
- Djarmiko. E.B. and Murdijanto. 2003. *Seakeeping: Perilaku Bangunan Apung di Atas Gelombang*. Surabaya: Penerbit ITS Press. ITS Surabaya. Indonesia.
- Djarmiko, E. B., 2012. **Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut diatas Gelombang Acak**. Surabaya: ITS Press.
- DNVGL OS-E301. 2015. *Offshore Standard : Position Mooring*. Norway.
- DNV GL RP C203. 2014.*Fatigue Design of Offshore Steel Structure*.Norway.
- FAO. 2005. *Review of The State of World Marine Fishery Resources*. FAO Fisheries Technical Paper 457. Rome, FAO.
- Fredriksson, D. W. et al. 2005. *Moored Fish Cage Dynamics in Waves and Currents*. IEEE Journal Ocean Engineering. vol. 30, no. 1. pp. 28–36

- Goudey, C. A. et al. 2001. *Mitigating the environmental effects of mariculture through single-point Moorings (SPMs) and drifting cages*. ICES Journal of Marine Science, 58: 497–503.
- Goudey, C.A., 2009. *Practical Aspects of Offshore Aquaculture System Design*. In Presentation at the World Aquaculture Society: Aquaculture America 2009. Seattle. America.
- Hafiz, Muhammad. 2015. **Desain Aquaculture dengan Menggunakan Pipa HDPE untuk Budidaya Ikan Baronang**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Indiyono. P. 2003. **Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai**. Surabaya: Penerbit SIC.
- InnovaSea Systems : Innovation For Open Ocean Aquaculture*. (n.d.). diakses dari <https://www.innovasea.com/> (21 Februari 2017)
- SADCO Sea Shelf Fish Cage*. (n.d.). diakses dari <http://aquavitro.org/2012/11/13/offshornaya-texnologiya-vyrashhivaniya-ryby/> (21 Februari 2017)
- SeaStation High-Tech Fish Farm*. (n.d.). diakses dari <https://id.pinterest.com/pin/272327108687487344/> (4 Maret 2017)
- Soedjono, J. J. 1999. **Teknologi Produksi dan Perawatan Bangunan Laut**. Jurusan Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- Suyuthi, Abdillah. **Stabilitas Dinamis Keramba Lepas Pantai Tipe Self Tensioning Structure**. Jurnal Teknologi Kelautan. vol. 10, no. 1. pp. 31–40

LAMPIRAN A:
Output ANSYS Aqwa

Rectangular Array Tension Output

Wave Heading 0 °
Current Heading 45 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	956.6
Position of Max in X	1769.2
Minimum Value	-27379.912
Maximum Value	94167.57
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6766.6
Position of Max in X	8639.4
Minimum Value	-485.766
Maximum Value	6837.257
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4807.2
Position of Max in X	6114.2
Minimum Value	-8832.271
Maximum Value	9987.199

Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 5
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4049.2
Position of Max in X	8417.8
Minimum Value	-9655.329
Maximum Value	8657.966
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 6
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4054.6
Position of Max in X	4807.2
Minimum Value	-19888.721
Maximum Value	61167.18
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 7
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6383
Position of Max in X	8640
Minimum Value	-683.592
Maximum Value	14090.75

Rectangular Array Tension Output

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	5476
Position of Max in X	1774.6
Minimum Value	-23477.297
Maximum Value	75045.234

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 8
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	7880
Position of Max in X	4042.6
Minimum Value	-29395.23
Maximum Value	73749.695

Rectangular Array Tension Output

Wave Heading 45 °
Current Heading 90 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8658.8
Position of Max in X	6114.4
Minimum Value	-307583
Maximum Value	979319.313
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8641
Position of Max in X	6377.8
Minimum Value	-8405.902
Maximum Value	159781.094
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	9176.8
Position of Max in X	6114.4
Minimum Value	-1735.467
Maximum Value	9915.816

Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 5
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6377.8
Position of Max in X	1775
Minimum Value	-18515.189
Maximum Value	24765.012
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 6
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4807.6
Position of Max in X	6372.6
Minimum Value	-65592.07
Maximum Value	290605.563
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 7
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6378
Position of Max in X	6117.6
Minimum Value	-3592.718
Maximum Value	33831.848

Rectangular Array Tension Output

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8641.2
Position of Max in X	6376.4
Minimum Value	-10308.788
Maximum Value	29586.666

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 8
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6372.8
Position of Max in X	6375
Minimum Value	-4530.396
Maximum Value	7601.166

Rectangular Array Tension Output

Wave Heading	90 °
Current Heading	135 °
Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4042.8
Position of Max in X	1085.6
Minimum Value	-5113.63
Maximum Value	8973.156
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8872.8
Position of Max in X	6377.8
Minimum Value	-29128.492
Maximum Value	70165.391
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	1085.8
Position of Max in X	1774.6
Minimum Value	-779.091
Maximum Value	7071.728

Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 5
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	1085.8
Position of Max in X	8640
Minimum Value	-725.129
Maximum Value	13893.806
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 6
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6768.2
Position of Max in X	4042.6
Minimum Value	-17184.285
Maximum Value	69413.758
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 7
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8635.8
Position of Max in X	1085.6
Minimum Value	-39523.758
Maximum Value	100238.477

Rectangular Array Tension Output

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	1085.6
Position of Max in X	4807.2
Minimum Value	-16262.02
Maximum Value	40186.18

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 8
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	7879
Position of Max in X	8639.4
Minimum Value	-232.417
Maximum Value	7660.495

4 Points Mooring Tension Output

Wave Heading 0 °
Current Heading 45 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4394
Position of Max in X	8639.2
Minimum Value	1117.23
Maximum Value	14254.54
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4394.4
Position of Max in X	8987
Minimum Value	1394.533
Maximum Value	14048.272
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4394.6
Position of Max in X	8639.8
Minimum Value	1690.24
Maximum Value	16465.918

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	4394.2
Position of Max in X	8639.2
Minimum Value	1885.672
Maximum Value	16108.375

4 Points Mooring Tension Output

Wave Heading 45 °
Current Heading 90 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	5484
Position of Max in X	8995.6
Minimum Value	-11568.439
Maximum Value	32721.045
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8996
Position of Max in X	8995.8
Minimum Value	-132495.234
Maximum Value	581579.438
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8996
Position of Max in X	4039.8
Minimum Value	-888.877
Maximum Value	20094.145

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8996
Position of Max in X	4807.4
Minimum Value	-1634.46
Maximum Value	20834.453

4 Points Mooring Tension Output

Wave Heading 90 °
Current Heading 135 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6130
Position of Max in X	4.2
Minimum Value	-306603.938
Maximum Value	1078513.75
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	209.2
Position of Max in X	4.4
Minimum Value	-23842.008
Maximum Value	615657.75
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6129.6
Position of Max in X	6.8
Minimum Value	-6737.514
Maximum Value	243679.813

Line D	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8.6
Position of Max in X	0
Minimum Value	-35882.707
Maximum Value	363111.094

Linear Array Tension Output

Wave Heading 0 °
Current Heading 45 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	64.8
Position of Max in X	7991.4
Minimum Value	-47803.195
Maximum Value	217001.297
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8639
Position of Max in X	2506.6
Minimum Value	-29698.453
Maximum Value	154686.25
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	9853.8
Position of Max in X	10423.2
Minimum Value	-26088.541
Maximum Value	49237.16

Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 5
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	9189.6
Position of Max in X	9189.4
Minimum Value	-42013.395
Maximum Value	137502.922
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 6
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	2515.6
Position of Max in X	4804
Minimum Value	-40666.285
Maximum Value	61578.672
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	9368.8
Position of Max in X	9710.8
Minimum Value	-11026.719
Maximum Value	34909.152

Linear Array Tension Output

Wave Heading 45 °
Current Heading 90 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6516.6
Position of Max in X	7660.2
Minimum Value	-8323.411
Maximum Value	29612.268
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	2507.8
Position of Max in X	7543.2
Minimum Value	-37310.293
Maximum Value	168120.938
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	7172.2
Position of Max in X	5965.6
Minimum Value	-36541.945
Maximum Value	53031.418

Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 5
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	10668.8
Position of Max in X	10668.6
Minimum Value	-50706.945
Maximum Value	105328.766
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 6
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	5088.6
Position of Max in X	10327.4
Minimum Value	-13808.976
Maximum Value	36820.867
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	2212.6
Position of Max in X	9822
Minimum Value	-25171.965
Maximum Value	36872.508

Linear Array Tension Output

Wave Heading 90 °
Current Heading 135 °

Details of Cable Forces, Cable Section Tension	
Presentation Method	Line
Axes Selection	Force/Moment vs Time
Export CSV File	Select CSV File...
Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 1
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	7349.2
Position of Max in X	10532
Minimum Value	-12561.71
Maximum Value	62699.941
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 2
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	9439.2
Position of Max in X	5077
Minimum Value	-76353.148
Maximum Value	139698.141
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 3
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	8448
Position of Max in X	6382.2
Minimum Value	-44571.613
Maximum Value	40872.813

Line A	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 5
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	7061.8
Position of Max in X	9444.8
Minimum Value	-43267.727
Maximum Value	96706.367
Line B	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 6
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	10229.8
Position of Max in X	10764.6
Minimum Value	-13636.52
Maximum Value	57677.238
Line C	
Structure	Part
Type	Cable Forces
SubType	Cable Section Tension
Connection	Cable 4
Cable Section	1: Catenary Section 1
Position of Min in X	6382.2
Position of Max in X	7892.4
Minimum Value	-35954.926
Maximum Value	59403.926

LAMPIRAN B:
Kalkulasi Faktor u Berdasarkan DNVGL
OS-E301

Kalkulasi Faktor u Kriteria ULS DNVGL OS E301

Parameter Kalkulasi Faktor u DNV

Y_{Dyn}	2.1
Y_{Mean}	1.4
S_{MBS}	2231000 N
S_C	2119450 N

Kalkulasi Faktor u Konfigurasi 4 Points Mooring

	T_{MPM} (N)	$T_{C\ Mean}$ (N)	$T_{C\ Dyn}$ (N)	u
Cable 1	1078513.8	410894.1	667619.7	0.933
Cable 2	615657.8	467752.5	147905.2	0.456
Cable 3	243679.8	87924.7	155755.2	0.212
Cable 4	363111.1	193869.9	169241.2	0.296

Kalkulasi Faktor u Konfigurasi Linear Array

	T_{MPM} (N)	$T_{C\ Mean}$ (N)	$T_{C\ Dyn}$ (N)	u
Cable 1	217001.3	103104.5	113896.8	0.181
Cable 2	168120.9	154168.4	13952.5	0.116
Cable 3	105328.8	65146.2	40182.5	0.083
Cable 4	59403.9	43711.3	15692.6	0.044
Cable 5	137502.9	113179.4	24323.6	0.099
Cable 6	61578.7	52025.6	9553.1	0.044

Kalkulasi Faktor u Konfigurasi Rectangular Array

	T_{MPM} (N)	$T_{C\ Mean}$ (N)	$T_{C\ Dyn}$ (N)	u
Cable 1	979319.3	656934.2	322385.2	0.753
Cable 2	159781.1	78927.9	80853.2	0.132
Cable 3	9987.2	8991.6	995.6	0.007
Cable 4	75045.2	48272.7	26772.5	0.058
Cable 5	24765.0	15772.3	8992.8	0.019
Cable 6	290605.6	140395.5	150210.1	0.242
Cable 7	100238.5	49387.0	50851.5	0.083
Cable 8	73749.7	29670.5	44079.2	0.063

LAMPIRAN C:
Kalkulasi Manual Perhitungan *Draft* dan
Faktor γ JONSWAP

Perhitungan Draft Struktur SeaStation

Perhitungan Draft awal tanpa Ballast				
Total Vol. Disp	=	14.504	m ³	
Vol Steel Rim	=	9.773	m ³	
		4.73	m ³	
Draft	=	$\frac{V}{\pi \cdot r^2}$		
	=	6.141	m	

Volume yang dibutuhkan untuk Draft 9m				
V	=	$\pi \cdot r^2 \cdot d$		
	=	6.932	m ³	
	=	2.201	m ³	
Massa yang perlu ditambahkan	=	2256.92	kg	
Berat total Ballast	=	2.26	ton	
Draft dengan Ballast	=	9	m	

Perhitungan Faktor Gamma Spektrum JONSWAP

Perhitungan peaked gamma factor JONSWAP				
	H_s	=	4.8	
	T_p	=	11.5	
	$\frac{T_p}{\sqrt{H_s}}$	=	5.24901	
untuk	$\frac{T_p}{\sqrt{H_s}}$	\geq	5	
maka	γ	=	1	

LAMPIRAN D:

Katalog *Mooring Line* Bridon Diamond

Blue

BRIDON DIAMOND BLUE • Anchor lines

Rope Diameter		Nominal rope length mass (M)				Minimum Breaking Force (Fmin)			Axial Stiffness at 20% Load		Torque Generated at 20% Load		Nominal metallic cross-sectional area (A)	
		In air (M)		Submerged		1960 grade					Ordinary Lay			
mm	in	kg/m	lbs/ft	kg/m	lbs/ft	kN	Tonnes	Tons	MN	Mlbs	kN.m	lbs/ft	mm²	in²
52		11.7	7.86	10.2	6.84	2231	227	251	140	31	1.51	1112	1338	2.074
54	2 1/8	12.6	8.48	11.0	7.38	2406	245	270	151	33	1.69	1245	1443	2.236
56		13.6	9.12	11.8	7.93	2587	264	291	163	36	1.88	1389	1552	2.405
57.2	2 1/4	14.2	9.51	12.3	8.28	2699	275	303	170	37	2.01	1480	1619	2.509
60		15.6	10.5	13.6	9.11	2970	303	334	187	41	2.32	1708	1781	2.761
60.3	2 3/8	15.7	10.6	13.7	9.20	3000	306	337	189	42	2.35	1734	1799	2.789
63.5	2 1/2	17.5	11.7	15.2	10.2	3326	339	374	209	46	2.75	2025	1995	3.093
64		17.7	11.9	15.4	10.4	3379	344	380	213	47	2.81	2073	2027	3.141
66.7	2 5/8	19.3	12.9	16.8	11.3	3670	374	413	231	51	3.18	2347	2201	3.412
68		20.0	13.4	17.4	11.7	3815	389	429	240	53	3.37	2487	2288	3.546
69.9	2 3/4	21.2	14.2	18.4	12.4	4031	411	453	254	56	3.66	2701	2418	3.747
72		22.4	15.1	19.5	13.1	4277	436	481	269	59	4.00	2952	2565	3.976
76		25.0	16.8	21.8	14.6	4765	486	536	300	66	4.71	3471	2858	4.430
76.2	3	25.1	16.9	21.9	14.7	4790	488	538	302	67	4.75	3499	2873	4.453
80		27.7	18.6	24.1	16.2	5280	538	593	333	73	5.49	4049	3167	4.908
82.6	3 1/4	29.5	19.8	25.7	17.3	5629	574	633	354	78	6.04	4457	3376	5.233
84		30.6	20.5	26.6	17.8	5821	593	654	367	81	6.36	4687	3491	5.412
88		33.5	22.5	29.2	19.6	6389	651	718	402	89	7.31	5389	3832	5.939
88.9	3 1/2	34.2	23.0	29.8	20.0	6520	665	733	411	91	7.54	5556	3911	6.061
92		36.6	24.6	31.9	21.4	6559	669	737	440	97	7.85	5785	4188	6.491
95.3	3 3/4	39.3	26.4	34.2	23.0	7038	717	791	472	104	8.72	6430	4494	6.965
96		39.9	26.8	34.7	23.3	7142	728	803	479	106	8.91	6573	4560	7.068
100		43.3	29.1	37.7	25.3	7750	790	871	520	115	10.1	7429	4948	7.669
101.6	4	44.7	30.0	38.9	26.1	8000	815	899	536	118	10.6	7791	5108	7.917
108	4 1/4	50.5	33.9	43.9	29.5	8306	847	934	606	134	11.7	8598	5771	8.946
114.3	4 1/2	56.6	38.0	49.2	33.0	9303	948	1046	679	150	13.8	10193	6464	10.020
120.7	4 3/4	63.1	42.4	54.9	36.8	10374	1057	1166	757	167	16.3	12003	7208	11.173
127	5	69.8	46.9	60.8	40.8	11485	1171	1291	838	185	19.0	13982	7981	12.370

Note: Tonnes = 1000kg Tons = 2000lbs

Figures shown are for guidance purposes only. For specific applications requirements please contact Bridon.

This table is for guidance purposes only with no guarantee or warranty (express or implied) as to its accuracy. The products described may be subject to change without notice, and should not be relied on without further advice from Bridon.

BIODATA PENULIS



Hafidz Bagus Prasetyo Adi, dilahirkan di Jakarta 25 November 1995. Memulai pendidikan formal di TK Angkasa 1. Melanjutkan pendidikan pada SD Angkasa 10 Jakarta. Kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pada SMP 128 Jakarta. Pada tahun terakhir pendidikan sekolah menengah pertama dikarenakan keperluan dinas orang tua maka menyelesaikan sekolah menengah pertama di Sekolah Indonesia Netherland di Wassenar, Belanda pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan jenjang pendidikan berikutnya yaitu sekolah menengah atas di SMA Negeri 9 Jakarta dan lulus pada tahun 2013. Setelah itu meneruskan studi ke tahap S1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Selama perkuliahan penulis berperan aktif dalam kegiatan keorganisasian dan kepanitiaan kampus antara lain Oceano, ITS EXPO, dan Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA). Selama studi empat tahun di Departemen Teknik Kelautan, memiliki kesempatan untuk melaksanakan kerja praktik di PT. Hafar Daya Konstruksi pada Tahun 2016. Pada tahun 2017 penulis menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang mengangkat salah satu bidang keahlian di Departemen Teknik Kelautan, yaitu Perancangan Struktur Bangunan Lepas Pantai.